



EPS

Escola Politècnica

Superior

Projecte/Treball Fi de Carrera

Estudi: Enginyeria Industrial. Pla 2002

Títol:

IMPLEMENTACIÓ I VALIDACIÓ D'UN SISTEMA ASSISTIT
APLICAT A LA PLANIFICACIÓ DEL PROCÉS DE PECES DE
MECANITZAT.

Document: Memòria i Annexes a la memòria

Alumne: Narcís Pellicer Sabadí

Director/Tutor: Quim de Ciurana

Departament: Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: Enginyeria dels processos de fabricació

Convocatòria (mes/any): Juny/2007

INDEX

1.	Introducció	4
1.1.	Antecedents	4
1.2.	Objecte	6
1.3.	Especificacions i abast.....	7
2.	Definicions prèvies	9
3.	Metodologia	12
4.	Introducció a l'enginyeria de fabricació	15
5.	L'aplicació informàtica PAPOM.....	19
5.1	Introducció a la filosofia de fabricació integrada (CIM)	19
5.2	Funcionament del PAPOM	25
6.	Millores aplicades al PAPOM.....	30
6.1	Simplificació del càlcul dels temps de les operacions de mecanitzat	30
6.1.1	Funcionament de l'algorisme actual (Algorisme de Halevi)	34
6.1.2	Funcionament del nou algorisme (algorisme simplificat)	36
6.2	Ampliació del nombre d'operacions que es calculen al PAPOM.	39
6.2.1	Operacions del grup 1:.....	42
6.2.2	Operacions del grup 2:.....	56
6.2.3	Operacions del grup 3:.....	64
6.2.4	Operacions del grup 4:.....	75
6.3	Altres millores	89
6.3.1	Altres millores del subsistema de planificació del procés	89
6.3.2	Modificació en els subsistema de gestió del taller	89
7.	Implementació al taller	96
7.1	Màquines	96
7.1.1	Centre de Mecanitzat Deckel Maho 64VLinear	97
7.1.2	Torn Alecop CNC Magnum.....	98
7.1.3	Torn paral·lel SP-180 Pinacho	99
7.1.4	Torn CN Okuma LB-15	100
7.1.5	Fresadora Fexac Universal Model UP:.....	101
7.1.6	Fresadora CN Alecop Model MU-8000.....	102
7.1.7	Trepant Quantum B-30	103
7.1.8	Serra de cinta Jet HVBS-812R	104
7.2	Eines	105

7.2.1	Avellanadors	106
7.2.2	Broques	107
7.2.3	Freses	108
7.2.4	Mascles de roscar.....	109
7.2.5	Eines de torn.....	109
8.	Validació	110
8.1	Metodologia	110
8.2	Peça 1.....	112
8.2.1	Implementació al GOelan	113
8.2.2	Resultats	114
8.3	Peça 2.....	116
8.3.1	Implementació al GOelan®.....	117
8.3.2	Resultats	118
8.4	Peça 3.....	120
8.4.1	Implementació al GOelan®.....	121
8.4.2	Resultats	122
9.	Resum econòmic	125
10.	Conclusions	126
11.	Línies futures	128
12.	Documents del projecte	129
13.	Bibliografia	130
14.	ANNEX.....	132
A.	Càlcul de les operacions.....	133
B.	Catàlegs.....	137
C.	Procés de mecanització.....	153
D.	Plànols.....	158
E.	Utilització del PAPOM	162
F.	Estudi econòmic.....	176

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Antecedents

El present projecte s'emmarca en el sector de la planificació de la producció especialitzada en processos de mecanització per assistir a la presa de decisions a les PIMES del sector.

Un taller de fabricació de peces mitjançant l'arranc de ferritja sol oferir als seus clients una gran varietat productes amb geometries, materials i acabats totalment diferents. Per cadascun d'ells es requereixen uns recursos diferents (operaris, màquines, eines,...) que no sempre estan disponibles, bé sigui perquè no es tenen o perquè s'estiguin utilitzant en una altra peça. A més, es planteja la qüestió de quin recurs utilitzar per realitzar una determinada funció quan aparentment n'hi ha més d'un que pot servir de la mateixa manera.

Una bona manera per millorar l'eficàcia d'aquest sistema és mitjançant els fulls de ruta per poder establir una seqüència de les operacions per cada peça a fabricar. Resulta interessant disposar-ne de tot un joc per poder tenir alternatives quan un d'ells no es pot aplicar per raons diverses (màquines espatllades o ocupades, eines no disponibles,...).

Actualment les PIMES realitzen aquesta tasca utilitzant els coneixements i experiència dels seus enginyers, però aquesta forma de treballar comporta diversos perills. El problema principal està en tendir a l'elaboració tradicional, on els enginyers fan treballar majoritàriament les màquines i eines més familiaritzades, fent difícil la incorporació d'elements i recursos menys utilitzats en el dia a dia. En segon lloc, és difícil diferenciar el full de ruta òptim per cada situació del taller, ja que el volum de variables a tenir en compte és molt elevat i difícilment es podrà trobar sense l'ajuda d'un suport informàtic. Un altre risc per les empreses és que amb l'enfocament tradicional la producció quedava col·lapsada quan la el planificador no hi era, ja que era l'únic que dominava la situació i la seva experiència no quedava romanent a l'empresa, sinó que anava lligada a la seva figura. Finalment, la comparació entre diversos fulls de ruta realitzats per dues persones diferents resulta ser molt complicada, ja que tant la nomenclatura com el format tradicional no estan estandarditzats.

Actualment, l'extrema competitivitat que governa el món empresarial requereix treballar rigorosament. Per aquest motiu és indispensable fer ús d'un suport tecnològic-informàtic per aconseguir objectivitat, rapidesa, fiabilitat, una elevada capacitat de contemplar múltiples situacions i per poder retenir tota l'experiència acumulada sense dependre totalment d'una persona.

Avui en dia són nombroses les aplicacions desenvolupades que controlen parts del procés productiu: el disseny del producte, la fabricació, la planificació de la producció, entre d'altres, però encara hi ha moltes mancances d'integració entre totes elles. Això es tradueix en una disminució de l'eficiència global del procés que està afectant als índexs de competitivitat de les empreses.

És per això, que el grup de recerca GREP està desenvolupant, des de fa uns anys, una eina informàtica enfocada a ajudar a gestionar la planificació de processos de mecanitzat per a PIMES. El resum dels treballs desenvolupats han acabat per integrar-se en un programa anomenat PAPOM (Programa Assistit a la Planificació de Procés i producció en Operacions de Mecanitzat), el qual està en fase de desenvolupament.

Aquest software contempla la integració de les característiques de fabricació (paràmetres tecnològics del procés de mecanitzat) amb les característiques de la organització de la producció (temps de preparació, disponibilitat maquinària, estocs, etc.). D'aquesta manera s'evitarà que la planificació tècnica (o de processos), (Gu and Norrie 1995), topi amb les restriccions productives i viceversa.

1.2. Objecte

Com que es tracta d'un projecte global, el PAPOM s'ha integrat provenint de nombroses fases realitzades per diverses persones i en temps diferents. Fins al moment no s'ha realitzat cap prova de càrrega real implementant-lo en un taller de mecanitzats, de manera que no es pot assegurar que el programa funcioni correctament en un entorn de treball real.

D'altra banda, la interfície per calcular els temps de realització de les operacions és extremadament densa i requereix emplenar certs paràmetres que en el món empresarial no es tenen en compte, ja que no són fàcils d'obtenir, i complicarien moltíssim l'ús d'aquest programa per millorar la precisió dels càlculs d'una forma irrellevant. Això és fruit de l'algorisme que calcula els temps de mecanitzat.

A més a més, actualment es cobreix un ventall d'aplicació molt reduït, ja que només estan implementades molt poques operacions de mecanitzat i només es poden gestionar peces molt simples.

Així doncs, el projecte final de carrera que es proposa té com a objectius:

1. Realitzar nombroses millores al PAPOM des del punt de vista tecnològic. L'objectiu d'aquest projecte no és programar les modificacions a realitzar, sinó idear les solucions als problemes que hi ha actualment.
2. Implementar el PAPOM a un taller de mecanitzat real com a prova pilot per poder detectar errors i millorar l'aplicació.
3. Realitzar comparacions dels resultats del PAPOM versus els d'un sistema CAM comercial per poder validar les millores realitzades.
4. Mecanitzar diferents peces en un entorn de taller real i comparar els temps obtinguts amb els del PAPOM per poder validar les millores realitzades, i per tant, la solució final.

1.3. Especificacions i abast

Les especificacions que haurà de complir l'aplicació informàtica, i en conseqüència, totes les millores que es realitzin, són les següents (*Taula 1*):

Informació	Mínima i rellevant, perquè no es faci pesat treballar amb l'aplicació demanant dades innecessàries.
Disseny	Evitar la duplicitat en l'entrada de les dades, de manera que una variable necessària en diversos moments sigui el sistema qui la busqui.
	La interfície gràfica ha de ser neta, senzilla i intuïtiva, perquè l'usuari pugui interpretar cada paràmetre correctament.
	Màxima similitud entre les pantalles de càlcul de cada operació, per facilitar-ne l'aprenentatge de l'usuari i mantenir una coherència en tota l'estructura.
Resultats	La precisió dels càlculs és important, però cal destacar que per obtenir uns resultats molt exactes el nombre de paràmetres que s'haurien d'entrar anirien en contra de la filosofia d'aquest programa. Caldrà trobar l'equilibri entre senzillesa i precisió.

Taula 1. Resum de les especificacions del treball

Alguns d'aquests requeriments responen precisament a les reflexions i millores detectades en les primeres proves de càrrega del prototip d'aplicació que es tenia. Ha estat a partir d'aquests consells que es justifiquen algunes de les parts del present treball.

L'abast del treball inclourà:

Plantejament dels problemes actuals i explicació detallada de les solucions adoptades, implementació del programa en un taller real, validació de l'aplicació i informe de l'estat del PAPOM per al desenvolupament d'accions futures.

La programació informàtica queda exclosa del present treball.

2. DEFINICIONS PRÈVIES

En el camp de l'enginyeria de processos i de la planificació de la producció hi ha una sèrie de conceptes que s'han de tenir molt clars, ja que amb el pas dels anys cada empresa els utilitza i els interpreta d'una manera diferent, i per això és molt important especificar-ne les definicions que es prenen per aquest treball de bon principi.

Full de ruta, FdR: Document on hi ha ordenats de forma cronològica tots els centres de treball pels quals ha de passar una peça, des de que s'obté el brut de partida fins a la finalització del procés de fabricació. En el cas d'aquest treball, aquesta definició s'ha ampliat i es considerarà com a FdR el document on hi consten tots els centres de treball i, a més, també hi figuren totes les operacions que es realitzen amb els seus temps de mecanitzat corresponents. Això permetrà validar els resultats de forma més clara al capítol 8.

Pot incorporar varies dades en funció de les necessitats de cada empresa, però generalment el que interessa és saber el temps que una peça passarà en cada centre de treball. Hi ha múltiples fulls de ruta possibles per una mateixa peça. En la *Figura 2.1* se'n pot veure un exemple:

Codi peça: 12321

Denominació: Cargol especial

Material: Acer 1025

Número de plànol: 12321

Opció: 1

Lot: 10 unitats

Client: UdG

Data revisió: 12.04.07

Fase	Descripció	Centre treball	$P_o(€/h)$	Temps (min)		Cost(€)		Utiltatge (€)
				t_c	t_p	C_c	C_p	
10	Tallar brut	Serra de cinta	18	0,3	2	0,09	0,6	-
20	Mecanitzar cargol	Torn CN	30	7,9	0,77	3,95	0,38	557,3
30	Pavonat	Centre extern	-	-	-	0,1	-	-

* Temps i costos unitaris.

Figura 2.1. Exemple d'un full de ruta

En aquest cas, les dades que hi figuren són la taxa horària del centre de treball (P_o), els temps de cada centre de treball (temps cicle, t_c i temps de preparació, t_p), els seus costos associats (C_c i C_p) i el cost d'algun utiltatge especial emprat durant la fase.

Aquest document és l'element bàsic per la planificació dels processos de fabricació en un taller mecànic.

Full d'operacions, FO: Document complementari al FdR on es descriuen els paràmetres que defineixen cada operació d'una fase (Figura 2.2). N'hi haurà tants com subfases hi hagi al FdR. La informació recollida és necessària pels operaris que hi ha als centres de treball per poder realitzar cada operació en les condicions determinades.

Peça: 12321. Cargol especial

Autor: Narcís Pellicer Sabadi

Fase: 10. Tallar brut

Plànol: 12321

Subfase: 1

Data: 12/04/2007

Op.	Descripció	Eina	Condicions de tall						Temps (min)					Cost Eina Ca-tc/T [€]	
			Vc m/ min	N rpm	Va m/ min	P mm	N ^o _p	a mm/rev	T min	t _p s	t _i s	t _c s	T _{ch} min		T _{ch} -t _c /T min
10.1.1	Embridament	Grapes	-	-	-	-	-	-	90	-	-	-	-	-	
10.1.2	Tallar	Serra: Gar/582500	40	44	0,15	1	1	-	25	-	6	18	-	-	0'002
10.1.3	Descarregar	Grapes	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	

V_c : Velocitat de tall

N : N° de revolucions de gir mitjanes

V_a : Velocitat d'avanç

P : Passada

a : Avanç

T : Vida de l'eina

N^o_p : N° de passades

t_p : temps de preparació

t_i : temps improductiu

t_c : temps de tall

Figura 2.2. Full d'Operacions del FdR de la Figura 2.1.

Operació: Formes de tractar la superfície del material de partida per obtenir la geometria de la peça desitjada. Per exemple, per fer un forat es diu "trepatge", o per fer una rosca es diu "roscatge".

Subfase: Conjunt d'operacions realitzades en una mateixa estacada de la peça a la màquina eina.

Fase: Conjunt de subfases realitzades en un únic centre de treball.

Centre de treball: Unitat de treball formada per màquines i/o persones amb característiques semblants. Un bon exemple seria el centre de treball de serres mecàniques,

on hi pot haver nombroses serres de models diferents però totes elles realitzant funcions semblants.

Avanç: Relació entre la distància relativa que recorre l'eina per poder avançar en la mecanització de la geometria en una volta de 360° de l'eina (trepants i freses) o de la peça (en el cas d'un torn). Les seves unitats són *mm/rev*.

Velocitat d'avanç: Velocitat relativa entre l'eina i la peça que permet avançar en la mecanització de la geometria. Les seves unitats són *mm/min*.

Velocitat de tall: Velocitat relativa lineal de la perifèria de l'eina respecte el material de la peça. El seu valor depèn de diversos factors, com per exemple, el material de la peça, material de l'eina i les característiques de la màquina. Es mesura en *m/min*.

Passada: Distància que l'eina s'enfonsa en la peça cada vegada que es canvia la profunditat de l'eina per arrencar més material.

Avanç ràpid: Velocitat a la qual es desplaça l'eina quan es genera un codi de desplaçament ràpid. La velocitat és molt més elevada que la velocitat d'avanç normal, i d'aquesta manera s'optimitza el temps quan l'eina es mou entre dos punts i no necessita mecanitzar.

3. METODOLOGIA

Per desenvolupar el present projecte cal definir un pla de treball estricte, perquè al tractar-se d'una aplicació informàtica que ha estat creada i programada per varies persones, no resulta fàcil entendre les diferents àrees que la componen. Si no es tenen les idees clares i no s'actua amb previsió i hi ha el risc d'interpretar malament algunes dades, aconseguint un resultat erroni.

La metodologia adoptada per assolir els objectius proposats es resumeix a continuació (Figura 3.3):

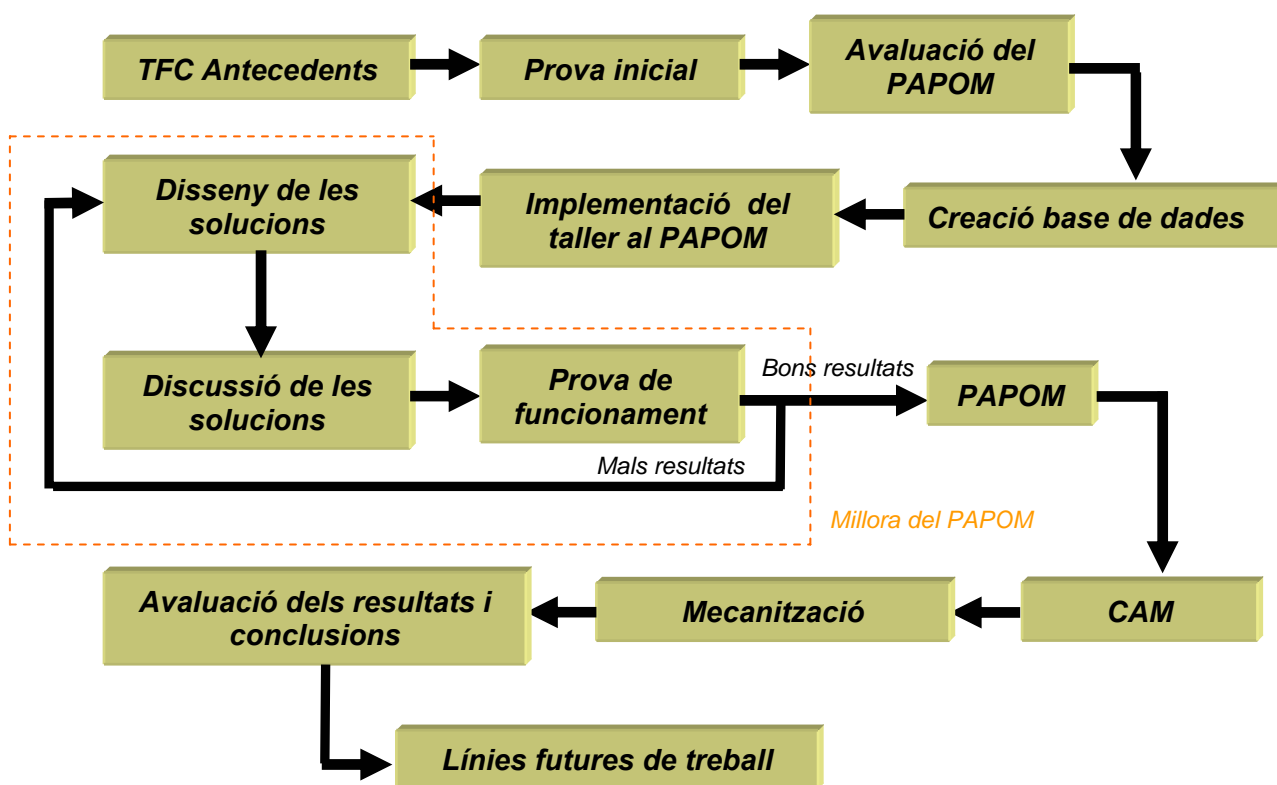


Figura 3.3. Esquema resum de la metodologia seguida.

1. Lectura dels PFC antecessors que han acabat integrant-se en l'entorn del PAPOM. Això permetrà posar-se al dia de l'estructura i el funcionament de l'aplicació i poder començar a treballar amb un bon coneixement dels aspectes de funcionament del PAPOM.
2. Provar el programa amb peces senzilles per veure com treballa i avaluar-ne el seu funcionament de forma general.

3. Creació d'una base de dades independent per poder implementar tot el taller mecànic del GREP i no interferir en altres bases de dades, com la de desenvolupament i la de docència. El seu nom és: *EXPLOTACIOCOM*.

4. Implementar el taller de mecanitzat del GREP el PAPOM. Això implicarà entrar totes les eines i màquines actuals.

L'objectiu és doble: en primer lloc es vol simular un entorn de treball real, ja que fins al moment només s'han donat d'alta algunes eines i algunes màquines que han fet que es tingui un "taller virtual" molt limitat, estant molt allunyat de la realitat.

En segon lloc, el que es busca és detectar errors tant en l'estructura de les bases de dades de les eines i de les màquines, com en la base de dades de les peces .

5. Obtenir el full de ruta d'una peça amb una geometria i dimensions que es puguin mecanitzar amb els recursos del taller. Aquesta segona presa de contacte servirà per valorar molt més profundament el funcionament del programa.

6. Disseny de les solucions pels punts a millorar que s'hagin detectat. Creació de les pantalles per les noves operacions amb el programa *Microsoft Visual Basic.Net*.

7. Reunió amb el personal del GREP expert en la línia de recerca per explicar les solucions adoptades i discutir les maneres de realitzar-ne la programació informàtica.

8. Comprovar que les nova versió del programa funciona correctament.

9. Programar la fabricació d'una peça en un entorn CAM (*Computer Aided Manufacturing*). Això permetrà tant simular la mecanització de la peça, com generar el codi de control numèric (CN) per mecanitzar la peça posteriorment.

El fet de simular la peça permetrà comparar els temps de les operacions que proporciona el programa CAM (serà una aplicació comercial contrastada) amb els temps que calcula l'aplicació PAPOM. D'aquesta manera es tindrà un primer element de comparació per poder validar les millores aportades al programa.

- 10.** Mecanització de la peça al taller. Així s'obtindrà el segon element de comparació, els temps reals de mecanització, que seran els més importants a contrastar. Com més proximitat hi hagi entre els temps del PAPOM i els reals, més precisió tindrà el programa.
- 11.** Analitzar els resultats obtinguts.
- 12.** Repetir els passos 9, 10 i 11 amb altres peces de diferent família geomètrica per poder validar l'aplicació per diferents operacions de mecanitzat.
- 13.** Analitzar els resultats de forma global i treure les conclusions finals.
- 14.** Determinar els futurs punts de millora per facilitar la feina a l'hora de fer futures versions del programa.

Cada element de millora s'ha discutit metòdicament amb el personal implicat del grup de recerca i, tot i això, en moltes ocasions s'ha necessitat implementar la solució més d'una vegada, ja que s'havia comprovat que el resultat no era el correcte.

A més, les millores no s'han pogut implementar de cop perquè moltes han estat fruit de canviar algunes parts del programa, així que a mesura que s'ha anat evolucionant el programa s'han realitzat més modificacions.

4. INTRODUCCIÓ A L'ENGINYERIA DE FABRICACIÓ

Analitzant el cas d'una indústria manufacturera, la planificació es pot definir com l'activitat de projectar mitjans per aconseguir uns determinats productes sota unes restriccions donades i amb uns recursos limitats.

Més concretament, la planificació de fabricació és el nexa de coordinació entre els enginyers de disseny i els de fabricació. D'una banda, els dissenyadors centren els seus esforços en aconseguir les millors especificacions requerides en termes de funcionalitat i fiabilitat d'una peça d'enginyeria, mentre que els enginyers de fabricació han de prendre les decisions correctes per plasmar aquestes intencions tenint en compte les restriccions addicionals imposades per la pròpia planta (tipus i qualitat de la maquinària, nombre d'operaris, experiència, disponibilitat...).

La planificació de la fabricació s'ha d'entendre com una gran caixa negra, on s'hi entren uns paràmetres de disseny (mides, materials, nombre de peces,...) i en surten les pautes tècniques perquè es pugui fabricar la peça.

Per aconseguir-ho, la filosofia de treball desglossa el problema inicial en 3 nivells totalment dependents entre ells. A continuació s'exposen començant pel nivell jeràrquic més baix:

Planificació d'operacions: Es tracta del primer nivell de planificació. L'objectiu és determinar els detalls dels paràmetres tècnics (definició d'eines, condicions de tall,...) que assegurin una correcta realització de les operacions de fabricació planificades. Jeràrquicament, la planificació d'operacions és el nivell més baix i serveix com la unió entre la decisió del planificador i la operació real. Es coneix també com a microplanificació.

Planificació de processos: La finalitat és seleccionar i definir en detall el procés de fabricació d'una peça. El primer que cal fer és definir els processos factibles per fabricar-la, de manera que es genera un o varis fulls de ruta (FdR). Posteriorment, s'avaluaran altres paràmetres, com el cost o la disponibilitat dels recursos per intentar trobar la ruta òptima de

fabricació. Es coneix també com a macroplanificació, ocupant-se d'unir la part tècnica (planificació de les operacions) amb la part no tècnica (planificació de la producció).

Realitzant una bona planificació del procés s'aconseguirà millorar molts aspectes del sistema productiu de l'empresa, com per exemple la ocupació de les màquines, el temps d'estada de la peça dins del sistema, o la reducció de costos, millorant així l'eficiència global dels processos de fabricació. Inclou els següents aspectes:

- Selecció de les màquines
- Selecció de les eines
- Selecció dels equips de control
- Determinació de temps i costos previstos
- Elaboració de la seqüència de les operacions
- Disseny i elaboració d'utilitatges especials
- Estimació de costos
- Retroalimentació amb el disseny
- Diagramas de càrrega (Pert, Gantt)
- Organització de la logística dels materials

Tots aquests aspectes permetran generar una seqüenciació de les operacions de totes les peces dins el taller, segons els criteris adoptats pel planificador.

Per entendre on comença la tasca del planificador de procés, es mostra l'esquema següent (*Figura 4.4*):

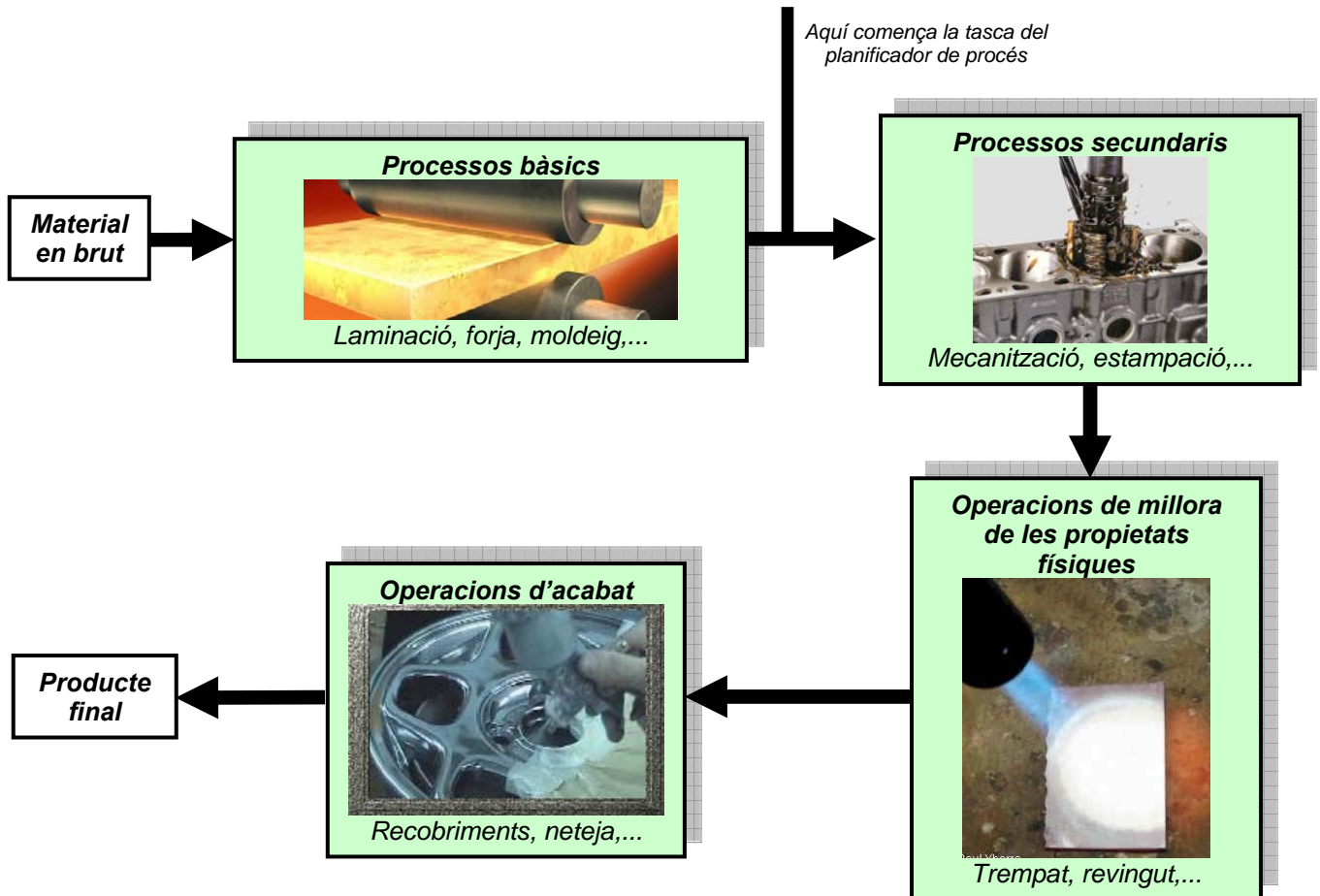


Figura 4.4. Sistema de fabricació tradicional

Panificació de la producció: L'objectiu és donar resposta a les preguntes: què, quan, qui, i on es fabricarà, basant-se en un temps de producció adequat establert i amb els recursos disponibles. És el nivell més alt de la jerarquia de planificació, i es centra principalment en la perspectiva global sense mirar els detalls de com la peça ha de ser produïda. Així doncs, a diferència del dos casos anteriors, la planificació de la producció no es centra en una única peça, sinó en tot el ventall de productes. S'anomena també *Scheduling*. En la

Figura 4.5 es mostra un esquema dels nivells de jerarquia entre les diferents planificacions:

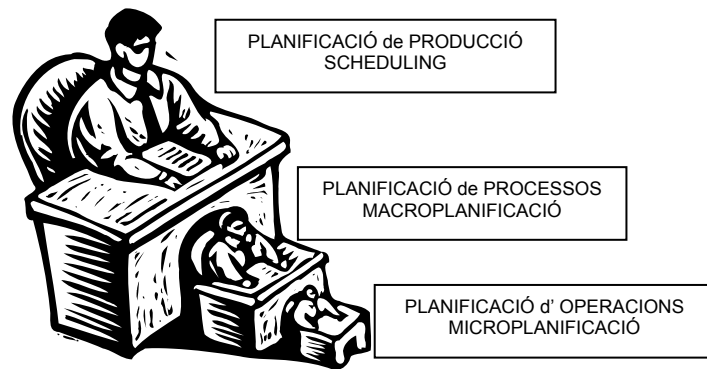


Figura 4.5. Nivells de jerarquia de la planificació. (Font: M^a Luisa Garcia-Romeu, 2001)

5. L'APLICACIÓ INFORMÀTICA PAPOM

5.1 Introducció a la filosofia de fabricació integrada (CIM)

Avui en dia, l'extrema agressivitat del mercat implica que les empreses hagin de realitzar fortes inversions en tecnologies de fabricació que els permetin reduir temps i costos de producció. Comprar nova maquinària més eficient i amb noves prestacions és quasi una obligació.

D'altra banda, no es pot oblidar que fruit d'aquesta competitivitat també sorgeix la necessitat d'introduir alguns canvis en la filosofia de treball de moltes indústries, sobretot pel que fa al cicle de producció d'un nou producte.

Actualment ja no és suficient assegurar un flux d'informació des del disseny de producte fins la planificació de processos per obtenir les dades i el coneixement necessari per crear un pla de fabricació eficient. Esdevenen essencials les tècniques que tenen en compte el cicle de vida del producte (des de que es dissenya fins que es llença o es recicla). Per tant, cal una retroalimentació d'informació per assessorar les diverses variables de disseny des dels diferents punts de vista del cicle, com la funcionalitat (és l'aspecte tradicional de l'enfocament del disseny), temps de procés i cost, els anomenats DFXs : fabricabilitat, DFM (Design for Manufacturing), muntabilitat DFA (Design for Assembly), DFR (Design for Recycling).

Considerar els recursos relacionats en la fase de disseny en les primeres etapes del procés de disseny ajuda a evitar iteracions de dissenys imprevistes, que causen la pèrdua de gran quantitat de temps i esforç d'enginyeria i en conseqüència, un termini de lliurament més llarg. Com que ha estat demostrat gran part del cost del producte és considerat en les primeres etapes del procés de disseny, moltes restriccions relacionades amb les característiques de peces, de procés i d'eines de màquines han de ser valorades amb cura per assolir un disseny viable.

El que es troben a faltar són ambients de computació, eines i tècniques que permetin a aquesta informació estar disponible a la "punta dels dits" dels dissenyadors en un format útil per assistir en la presa decisions referides als paràmetres de disseny. Per exemple, si el

dissenyador se n'adona prou aviat que algunes geometries requereixen embridaments cars, o demanden eines i processos especials, seria possible provar altres alternatives durant la fase de disseny. La recerca en permetre tecnologies per la integració de la fabricació i l'enginyeria concurrent està progressant a un rati accelerat, però s'està molt lluny de les previsions que van fer els investigadors.

Observant la *Figura 5.6*, es veu clarament com la previsió realitzada va ser molt optimista. Situats al segle XXI no s'ha arribat assolir encara el grau d'integració absolut al que s'hauria d'haver als anys 90, i aquest desajust encara és molt més accentuat en les PIMES.

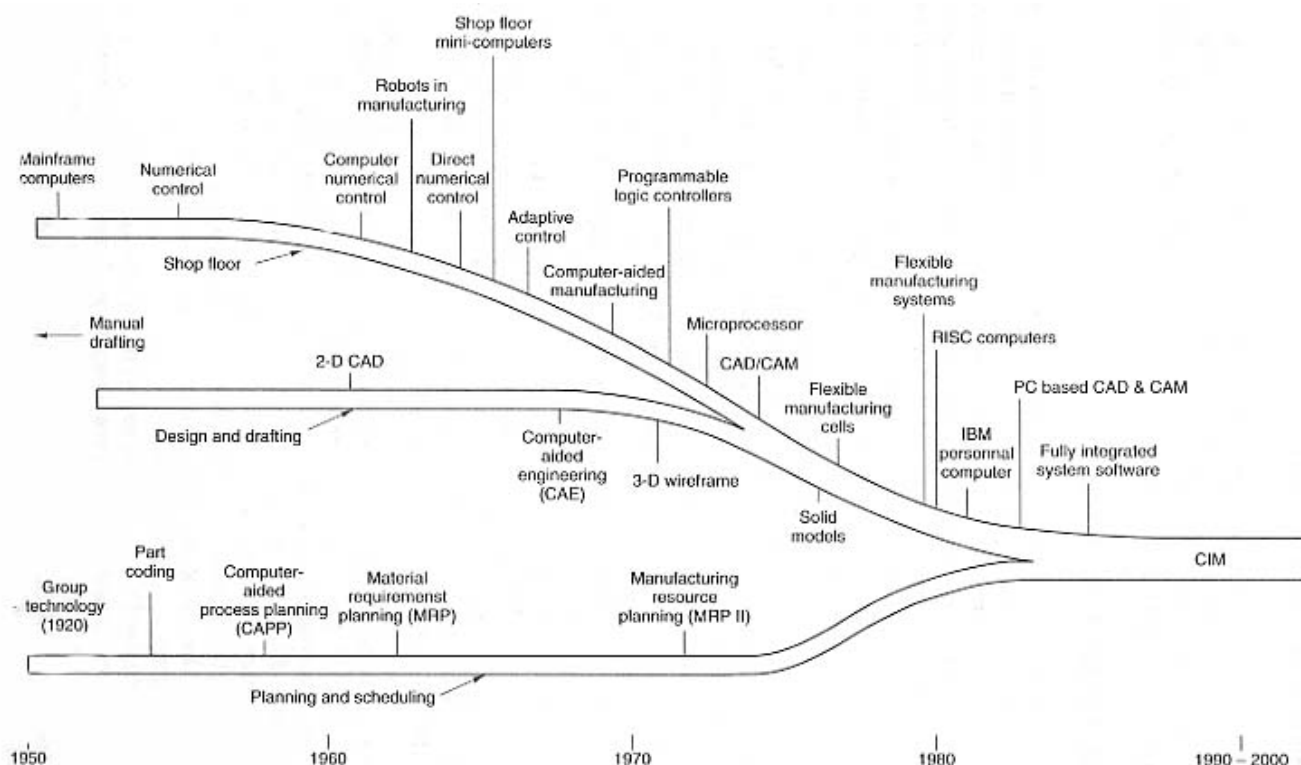


Figura 5.6. Previsió de l'evolució històrica de l'automatització. (Font: Rehg, J.A, 1994)

L'objectiu final és arribar a un sistema informàtic de planificació integrat (*Figura 5.7*) anomenat CIM (*Computer Integrated Manufacturing*), que reflecteixi com afecten les decisions en la fase de disseny a totes les àrees de l'empresa. Per exemple, si es decideix fer una peça d'un material determinat, l'aplicació hauria de ser capaç de saber si es disposa d'aquest material, si es tenen les eines adequades per mecanitzar-lo, si les màquines estan disponibles, el temps que es tardarà en produir-la, el cost associat a tot el procés, etc. D'aquesta manera, el dissenyador només canviant el material tornarà a tenir les mateixes

dades i les podrà comparar per poder decidir quin dels 2 és millor en funció del seu criteri. Gràcies a això no caldrà esperar que es detectin aquests problemes quan el producte dissenyat ja s'estigui desenvolupant, estalviant molt de temps i reduint-ne el seu cost.

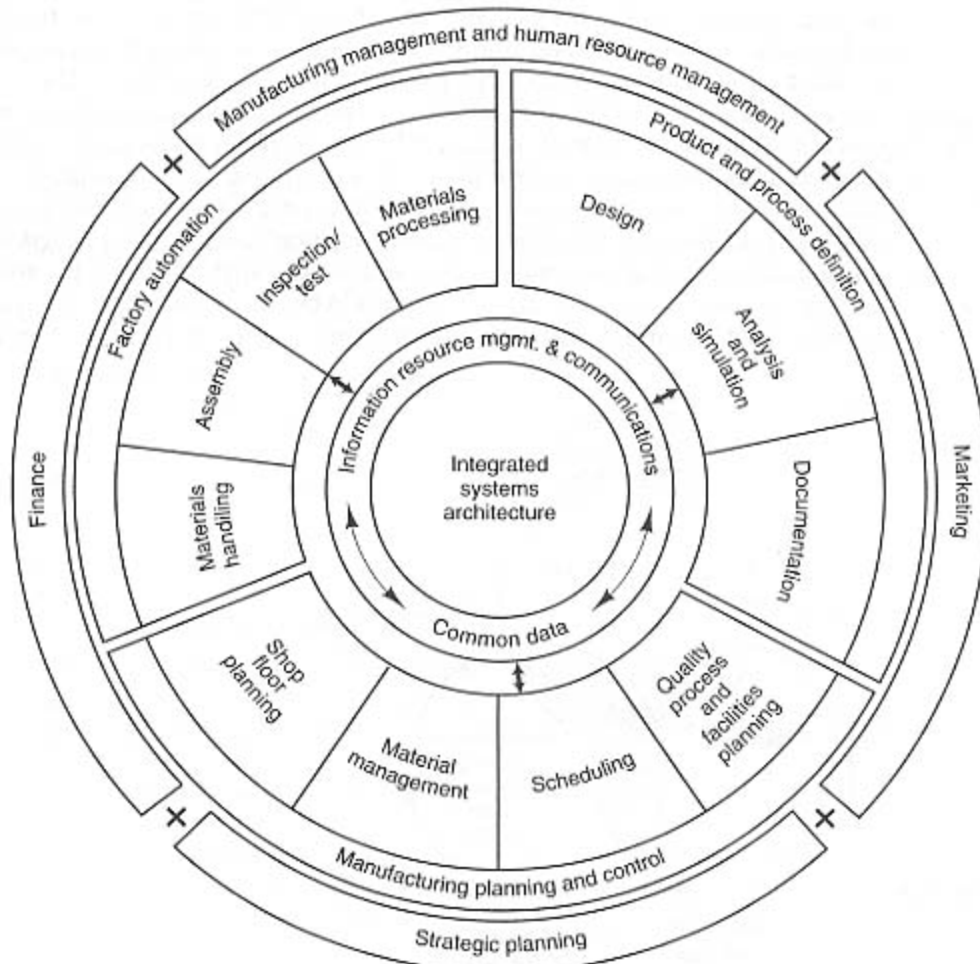


Figura 5.7. Roda del CIM.(Font: Rehg,J.A, 1994)

Dintre de la filosofia CIM s'integren nombroses aplicacions informàtiques que s'haurien d'integrar per poder assolir l'objectiu de la Figura 5.6. Per donar una idea al lector, alguns d'aquests softwares es descriuen breument a continuació:

CAD (Computer Aided Design): es tracta de l'eina principal per la creació d'entitats geomètriques que ajuda als enginyers dissenyar la peça. Es pot dibuixar tan en 2 com en 3 dimensions (Figura 5.8).

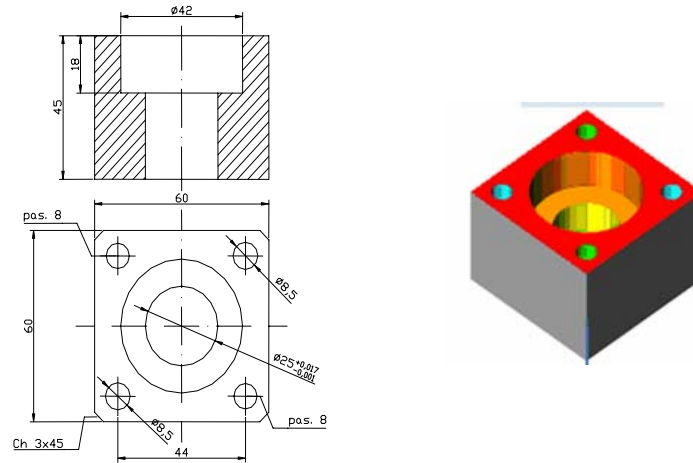


Figura 5.8. Aplicació informàtica CAD amb 2D i 3D.

CAM (Computer Aided Manufacturing): Una geometria inicial (si hi ha integració entre els sistemes CAD/CAM es podrà importar un arxiu provinent d'un CAD) és processada per obtenir les dades i les instruccions necessàries per operar i controlar la maquinària de producció. Això permetrà generar un codi de control numèric (CN) que governarà la màquina eina durant el procés, a més de poder realitzar simulacions de les operacions de mecanitzat (Figura 5.9).

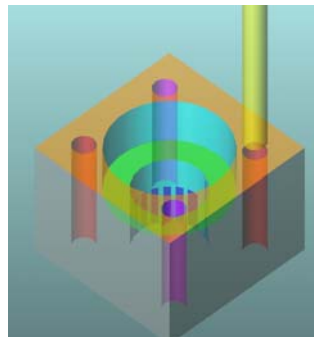


Figura 5.9. Exemple de la simulació del mecanitzat en un CAM.

CAE (Computer Aided Engineering): Conjunt de programes informàtics que permeten analitzar i simular els dissenys d'enginyeria realitzats per ordinador per valorar les seves característiques, la seva viabilitat i rendibilitat. La finalitat és optimitzar el seu desenvolupament i els conseqüents costos de fabricació reduint al màxim les proves per l'obtenció del producte desitjat. Es tracta d'anàlisis per elements finits (Figura 5.10), simulació de programes CNC, etc.

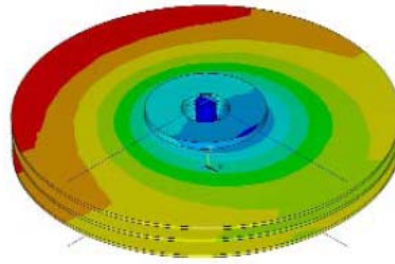


Figura 5.10. Exemple d'una aplicació CAE d'anàlisi per elements finits.

CAPP: Formen una connexió entre les operacions de disseny i de fabricació a través de la planificació de processos que ajuda a aconseguir l'objectiu de la filosofia CIM.

La sortida bàsica del sistema és un pla de procés òptim i, a més a més, factible, perquè no serviria de res calcular la millor ruta de fabricació si aquesta no es pot dur a terme. S'hi inclou la llista d'operacions que produeixen la peça, les instruccions per cada operació, els paràmetres de mecanitzat (velocitats, tecnologies,...) i els embridatges i especificacions de les eines de la màquina.

Aquest pla de procés és anomenat algunes vegades full d'operació, full de ruta, o resum de la planificació d'operacions en funció de les dades de sortida que es mostrin i. proporcionarà les instruccions per fer la peça. En funció del sistema de fabricació de cada empresa els plans de processos poden diferir en el nivell de detall. En la Figura 5.11 es veu l'esquema del funcionament bàsic d'un sistema CAPP.

Aquestes dades de les rutes de fabricació són necessàries perquè un programa MRP pugui realitzar el pla mestre de producció posteriorment.

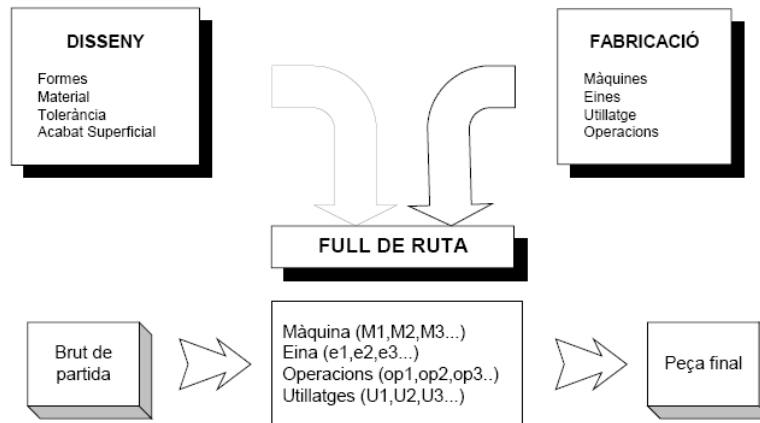


Figura 5.11. Esquema bàsic d'un CAPP. (Font: Dolors Planas, 2005)

Aquests sistemes informàtics proporcionen molts avantatges, els més importants dels quals són els següents:

- Racionalització i estandardització del procés de planificació.
- Augment de la productivitat dels planificadors de procés i de producció.
- Millora de la llegibilitat dels FdR, ja que en moltes PIMES es solen fer a mà.
- Possibilitat de relacionar-se amb altres aplicacions del CIM.

Existeixen dues filosofies de CAPPs diferents:

CAPP variant o de recuperació: En aquests tipus de sistemes les peces s'agrupen en famílies per a les que es confeccionen uns plans de processos estàndard, que són emmagatzemats en la memòria de l'ordinador i es recuperen quan es necessiten per una peça nova o revisió. D'aquesta manera, la tecnologia de grups (identificació i agrupació de parts similars per aprofitar les seves similituds en el disseny i la producció) pot ajudar a identificar la família adequada a la que pertany aquesta nova peça. El PAPOM està pensat amb aquesta filosofia.

CAPP generatiu: Es creen plans de procés de forma automàtica utilitzant procediments sistemàtics que han de ser aplicats per un planificador de procés. La seqüència de procés s'hauria de fer sense la ajuda humana ni amb plans estàndards predefinits. Apareix el concepte de intel·ligència artificial. Això permetrà solucionar problemes de planificació complexes, gestionant varis fulls de ruta de varies peces diferents a la vegada.

Els sistemes generatius, encara que són més complexos que els variants, són més restrictius pel que fa l'amplitud del camp d'aplicació. Aquesta és una de les circumstàncies per la que determinats investigadors encara segueixen apostant per la viabilitat dels sistemes variants, fins i tot quan les avantatges dels generatius són superiors., de manera que ambdós enfocaments tenen futur i camp d'aplicació.

PPC (Production Planning and Control): es tracta d'un sistema informàtic que permet assignar els fulls de ruta, realitzar la programació de les tasques que s'han de realitzar, llançar les ordres del treball que s'ha de fer i controlar tota la programació i planificació. A diferència d'un CAPP no es centra en el desenvolupament d'una única peça, sinó que necessita saber quina és la ruta de fabricació que es seguirà durant el procés per cadascuna de les peces que s'estiguin confeccionant en aquell moment al taller.

5.2 Funcionament del PAPOM

El PAPOM (Programa Assistit a la Planificació del procés i la producció en Operacions de Mecanitzat) es tracta d'un programa desenvolupat pel grup de recerca GREP. Es tracta d'una eina informàtica que a la llarga permetrà omplir el buit d'integració entre els sistemes *CAPP* i els *PPC*.

El PAPOM té com a objectiu, com el seu nom indica, realitzar la planificació de processos dintre d'un entorn de treball determinat i dur a terme la planificació i el control de la producció. Per fer tot això pren les dades del *FdR* escollit per cada peça, que com s'ha comentat anteriorment haurà de ser el l'òptim de tots els factibles.

Per poder obtenir aquesta ruta de fabricació és necessari entrar a l'aplicació nombrosos *FdR*, ja que es tracta d'un sistema *CAPP* variant i s'haurà d'escollir la millor opció entre diverses alternatives, com es mostra a la *Figura 5.12*, segons l'estat actual del taller. Per tant, per realitzar aquests *FdR* l'usuari necessita un entorn de treball que contempli tots els recursos de la planta per aproximar-se al màxim a la realitat, i això implica que s'ha de crear una base de dades preparada per suportar tots els diferents tipus d'informació, així com la seva respectiva manera de manipulació.

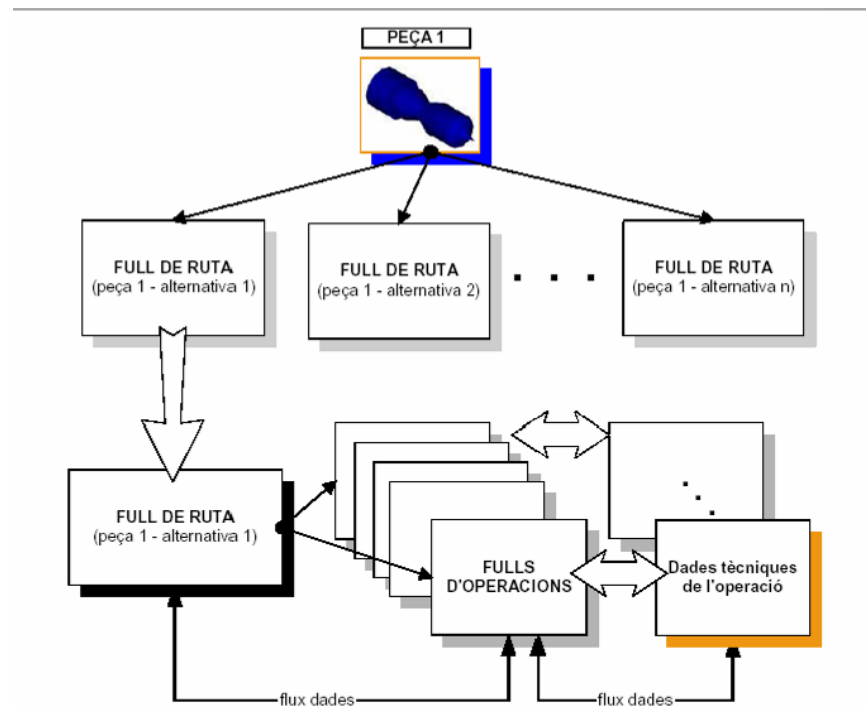


Figura 5.12. Esquema de la relació d'una peça amb els seus FdR i Fd'O. (Font: Dolors Planas, 2005)

S'han identificat com a *inputs* del sistema els elements físics del taller (màquines, eines, utilatges, etc.) i també elements d'organització (venta, ocompra, etc.). Com a *outputs* del sistema es troben els informes que ofereix l'aplicació (fulls de ruta, fulls d'operacions, planificacions, etc.). Per tractar el problema s'ha desgranat l'aplicació amb diverses àrees, concretament 5, per poder-lo fer més tractable i facilitar-ne la programació, ja que cadascuna d'elles engloba les diferents funcionalitats que requereixen els usuaris. Això permetrà implementar el programa de forma progressiva. Els 5 subsistemes de treball són els següents:

Planificació de la producció: és on es realitza la planificació de la producció mitjançant els fulls de ruta i les ordres de vendes que disposa el sistema. A partir de diferents algorismes que hi ha implementats s'obtenen diverses planificacions pel taller.

Gestió del taller: permet crear, modificar i esborrar els diferents elements que conformen el taller (màquines, eines, ...) així com establir les relacions entre ells (d'aquesta manera s'associa cada eina amb les màquines que la poden utilitzar). El sistema identifica quines eines poden treballar en cada màquina mitjançant les operacions de mecanitzat (Figura 5.13).

En aquest exemple, l'eina: “Fresa de radis llarga” podrà realitzar les 3 operacions senyalades a la màquina “Centre de mecanitzat CNC DMC”. Si la mateixa eina pot treballar en altres màquines es seleccionarà una altra màquina i s'escolliran les noves operacions.

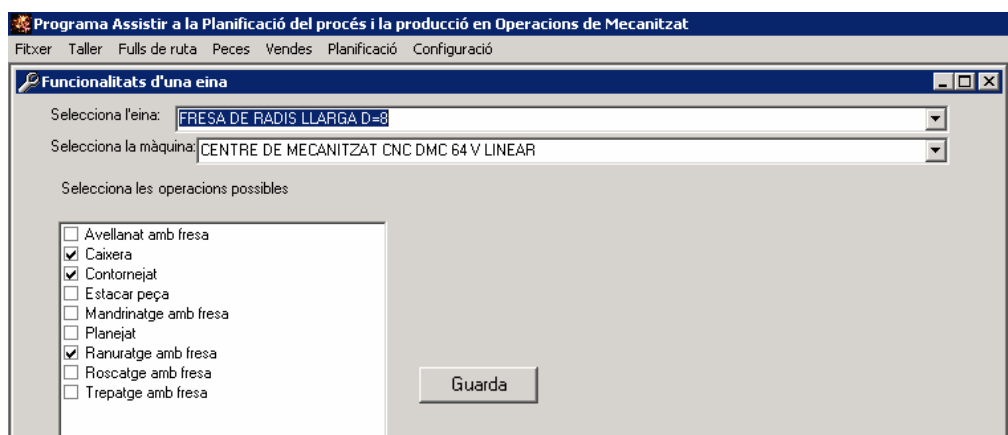


Figura 5.13. Relació entre les eines i les màquines, mitjançant les operacions de mecanitzat.

Gestió de la peça: és on es creen, modifiquen i s'esborren les peces que passaran a formar part del sistema productiu de l'empresa. Per donar d'alta una peça el programa necessita dos tipus de paràmetres: paràmetres geomètrics per poder calcular diferents alternatives dels bruts de partida i paràmetres d'organització de la producció, per poder calcular el llançament d'ordres de fabricació. En la *Figura 5.14* es pot veure una de les etapes que s'ha de seguir per donar d'alta una nova peça.

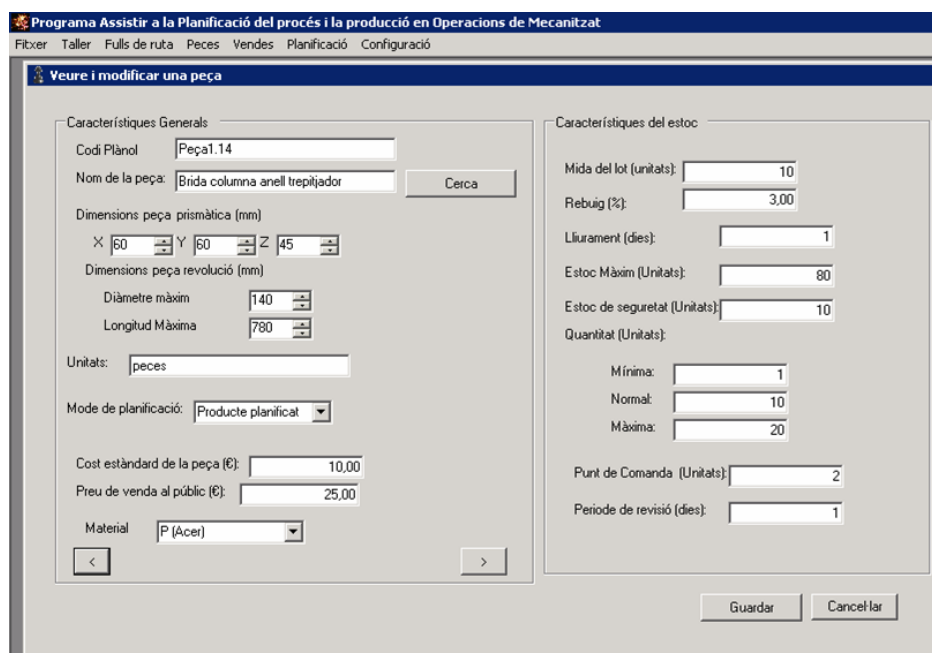


Figura 5.14. Pantalla d'introducció de les dades d'organització.

Gestió de vendes: és on es pot entrar, modificar i cancel·lar les ordres de vendes dels clients del taller així com veure com evolucionen al llarg del temps.

Planificació del procés: permet elaborar els diferents jocs de fulls de ruta per una mateixa peça. Dins d'aquest subsistema s'engloba, en aquest cas, la planificació d'operacions. És el subsistema que s'explorà més en profunditat en aquest treball. A continuació (Figura 5.15) es pot veure la pantalla principal d'aquest subsistema.

Figura 5.15. Resum de la seqüència d'operacions del FdR.

El PAPOM està actualment en fase de desenvolupament i els 5 mòduls que el componen no estan implementats amb la mateixa maduresa. Especialment, els subsistemes de gestió de vendes i de planificació de la producció es troben en fases molt inicials, per tant l'aplicació actual s'assembla més a un sistema CAPP que no a un CAPP-PPC integrat.

Tenint en compte tot això, cal entendre l'aplicació PAPOM com una eina que actualment permet crear fulls de ruta i donar-ne tot el suport en la seva gestió .

Així doncs, el present treball es centrarà en l'anàlisi i millora dels 3 subsistemes que estan en funcionament (Planificació del procés, Gestió del taller i Gestió de la peça), així que a partir d'ara només es considerarà la funció del PAPOM com un planificador de processos.

6. MILLORES APLICADES AL PAPOM

Totes les modificacions aplicades al programa han estat realitzades amb 3 objectius principals: simplificar el càlcul dels temps de mecanitzat, ampliar el nombre d'operacions possibles i millorar l'entrada de dades al sistema.

A més a més s'han detectat aspectes a millorar en diferents parts del programa que facilitaran l'ús de l'aplicació o corregiran alguns errors que hi havia. Aquestes variacions s'engloben dins l'apartat "Altres millores".

6.1 Simplificació del càlcul dels temps de les operacions de mecanitzat

Per dur a terme aquesta tasca és molt important tenir molt clars els conceptes de full de ruta i de full d'operacions (*Figura 2.1* i *Figura 2.2*) i explicar-los en profunditat per entendre les múltiples variables que hi apareixen. Tot seguit s'explicaran les equacions bàsiques per la obtenció del temps i del cost de mecanitzat.

Els cost total d'una operació de mecanitzat prové dels temps necessaris per realitzar-la, tal i com es mostra a la següent equació (*Eq. 1*):

$$Ct = \left(t_i + t_p + \frac{t_{ch} \cdot t_c}{T} + t_c \right) \cdot P_0 \quad \text{Eq. 1}$$

On:

t_p : temps improductiu

T : temps de vida de l'eina

t_p : temps de preparació

t_c : temps de tall

t_{ch} : temps de canvi d'eina

Aquests temps són els que es reflexen al full d'operacions (F.O) de la *Figura 2.2*. El sumatori dels temps de les operacions d'una mateixa fase són els que apareixen al FdR.

Les definicions de cada temps són importants per entendre el funcionament intern del PAPOM i per poder realitzar posteriorment les millores al programa:

Temps improductiu, t_i : És el temps que la màquina no està arrancant material però sí està en moviment. El programa el calcula mitjançant l'expressió següent (Eq. 2):

$$Ti = Ti_1 \cdot Nl + \left((Nl - 1) \cdot \frac{D_{eina} - S}{Vt} \right) \quad \text{Eq. 2}$$

On:

Ti : temps improductiu

D_{eina} : diàmetre d'eina

Ti_1 : temps improductiu d'una passada

S : Superposició de l'eina

Nl : nº de passades longitudinals

Vt : velocitat transversal

Temps de preparació, t_p : És el temps que es tarda en preparar una operació determinada, fent la posta apunt de la màquina, de les eines,... Aquest paràmetre no es pot calcular, ja que només el pot saber cada empresa de forma aproximada, fruit de la seva experiència. Per això el PAPOM permet entrar de forma manual el seu valor en la pantalla d'entrada dels paràmetres de cada operació.

Si es treballa en una màquina manual, on les eines es van carregant de forma manual, aquest temps també inclourà el temps de col·locar una nova eina a la màquina. No s'ha de confondre amb el temps de canvi d'eina que s'explica a continuació.

Temps de canvi d'eina, t_{ch} : Aquest temps no és present en cada operació, ja que només es substitueix una eina quan aquesta es trenca o es desgasta. Això passa cada cert nombre d'operacions, però s'ha de ponderar i repartir entre totes les que una eina realitza durant la seva vida. És un paràmetre que també cal entrar de forma manual, ja que depèn un 100% del factor humà i no es pot calcular.

En l'expressió del cost total de mecanitzat (Eq. 1), s'observa que aquest temps està ponderat pel factor " t_c/T ", per tenir en compte la proporció de la vida de l'eina que es destinarà a fer la operació. Per tant, el software requereix que s'entrin els paràmetres de vida

de l'eina, i mitjançant l'Eq. 3 es trobarà el paràmetre “ T ”. El càlcul de t_c s'explicarà més endavant.

$$T = \frac{K^{1/n}}{V^{1/n} \cdot A^{a/n} \cdot P^{p/n}} \quad \text{Eq. 3}$$

On:

K, a, p i n són paràmetres de vida de l'eina A : avanç [mm/rev]

V : velocitat de tall [m/min]

P : passada [mm]

T : temps de cicle de vida de l'eina [min]

Temps de tall, t_c : És el temps que la màquina està arrencant material del brut. Com a fórmula general es pot prendre l'Eq. 4, tot i que caldrà puntualitzar-la en algunes operacions:

$$t_c = L \cdot \left(\frac{Nd}{Va_{desbast}} + \frac{1}{Va_{acabat}} \right) \quad \text{Eq. 4}$$

On:

L : longitud a mecanitzar [mm]

$Va_{desbast}$: velocitat d'avanç de desbast [mm/min]

Nd : nombre de passades de desbast

Va_{acabat} : velocitat d'avanç d'acabat [mm/min]

Per calcular-lo, inicialment el PAPOM disposava d'un algoritme, ideat per Halevi, (Halevi and R.D. Weill, 1995) i un dels objectius principals d'aquest treball ha estat dissenyar un segon codi per les raons que s'exposaran al llarg d'aquest capítol.

En la Figura 6.16 es mostra l'esquema comú dels 2 camins possibles per obtenir els temps i costos d'una operació:

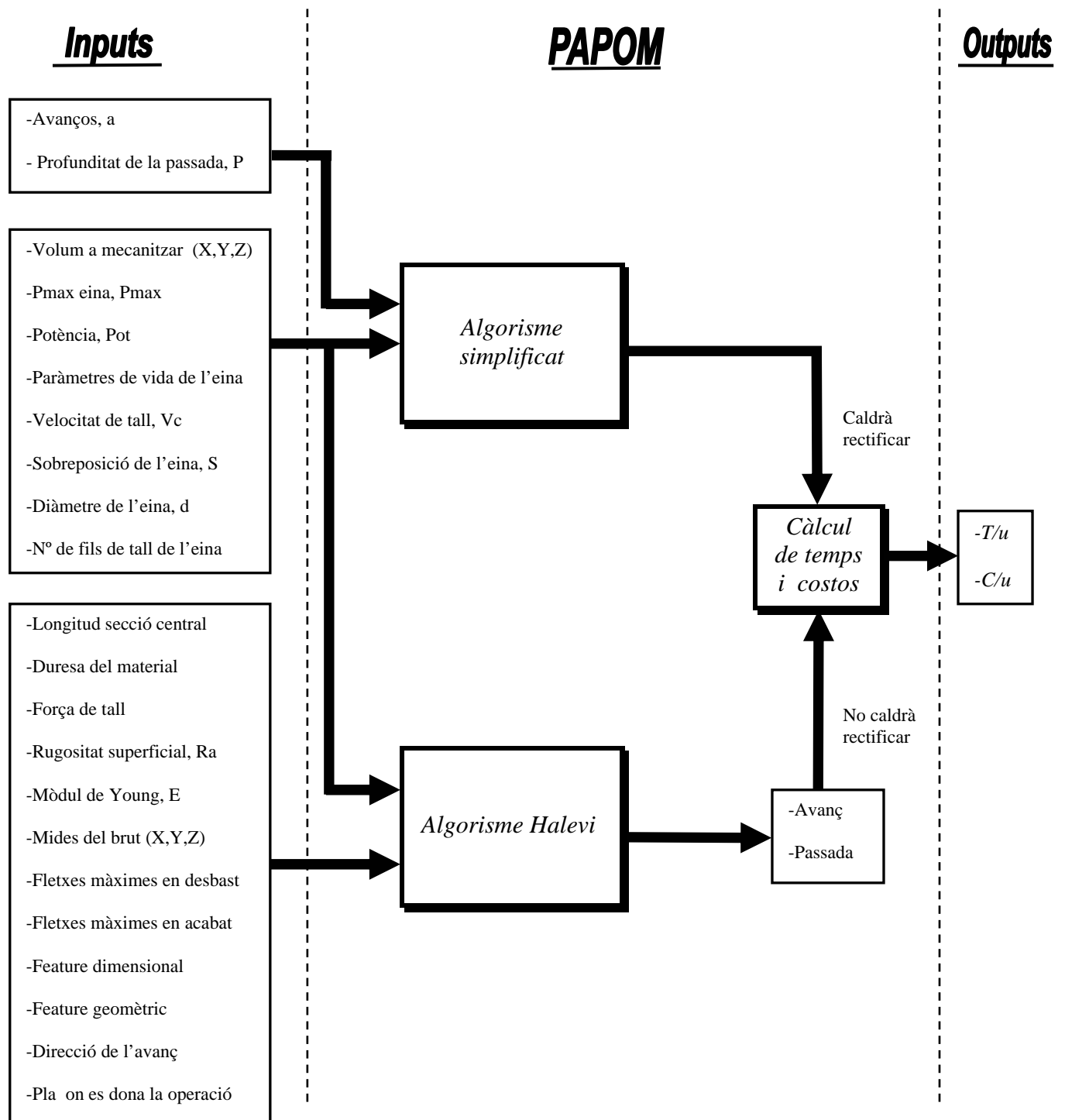


Figura 6.16. Esquema de funcionament dels 2 algoritmes per calcular el temps i el cost de tall

6.1.1 Funcionament de l'algorisme actual (Algorisme de Halevi)

La majoria de les peces realitzades en un taller mecànic han de complir unes condicions de rugositat superficial determinada. Aquesta qualitat depèn de molts factors (qualitat del control elèctric, de la màquina, de l'eina, del material...) i no sempre s'assoleix en la fase de mecanitzat. A continuació es mostra la *Taula 2* per donar un ordre de magnitud a la rugositat superficial mínima en funció del tipus de procés de fabricació. Cal tenir present els processos d'arranc de ferritja, remarcats en negreta, ja que són els processos que estan implementats al PAPOM.

Procés	Acabat de la superfície		
	Ra(μm)	N	Equivalència
Fundició en sorra	12-25	N10-N12	Pobre
Taladrat	1,5-6	N7-N9	Mitjà
Fresat	1-6	N7-N9	Bo
Tornejat	0,5-6	N6-N9	Bo
Laminat en fred	1-3	N6-N8	Bo
Extrusió en fred	1-4	N6-N9	Bo
Rectificat	0,4-2	N5-N7	Excel·lent
Polit	0,1-0,5	N3-N5	Excel·lent

Taula 2. Acabat superficial mínim en funció dels processos de fabricació.

Per agafar una idea de la realitat, en la *Taula 3* es mostren una relació de peces representatives que requereixen un acabat superficial determinat, de manera que es tindrà un límit teòric a partir del qual les peces no podran ser acabades mitjançant un procés de mecanitzat, sinó que caldrà realitzar un procés final de millora de l'acabat superficial (rectificat, polit,...).

Rugositat	Aplicació
N1	Miralls, blocs patró
N2	Plans de recolzament de rellotges comparadors
N3	Eines de precisió, coixinets superacabats, superfícies de retenció
N4	Suports de cigüenyals, arbres de lleves, peus de vàlvules, superfícies de cilindres
N5	Superfície exterior de pistons, acoblaments a pressió
N6	Tambors de freno, coixinets de bronze, dents d'engranatge
N7	Cara d'èmbols, arbres i orificis d'engranatges
N8	Cargols i coixinets per transmissió
N9	Superfícies laterals de retenció amb retens normals

Taula 3. Relació de peces tipus amb els seus acabats superficials

La idea principal d'aquest algorisme és obtenir uns paràmetres de tall (velocitat d'avanç i profunditat de passada) que permetin obtenir una rugositat superficial determinada (sempre dintre dels límits possibles) i evitar així fer passar la peça per una última fase, la de millora de l'acabat superficial, per assolir la qualitat d'acabat desitjat. Si això s'aconsegueix, el cost de fabricació es reduirà considerablement, ja que s'eliminarà una fase del *FdR* i els temps totals disminuiran, ja que aquest tipus d'operació sol ser molt lenta. En el cas d'acabats molt perfectes (N1-N4) no hi haurà més remei que utilitzar processos especials per aconseguir l'objectiu.

Per poder calcular els paràmetres de tall, l'algorisme actual distribueix les passades com es mostra a la *Figura 6.17*:

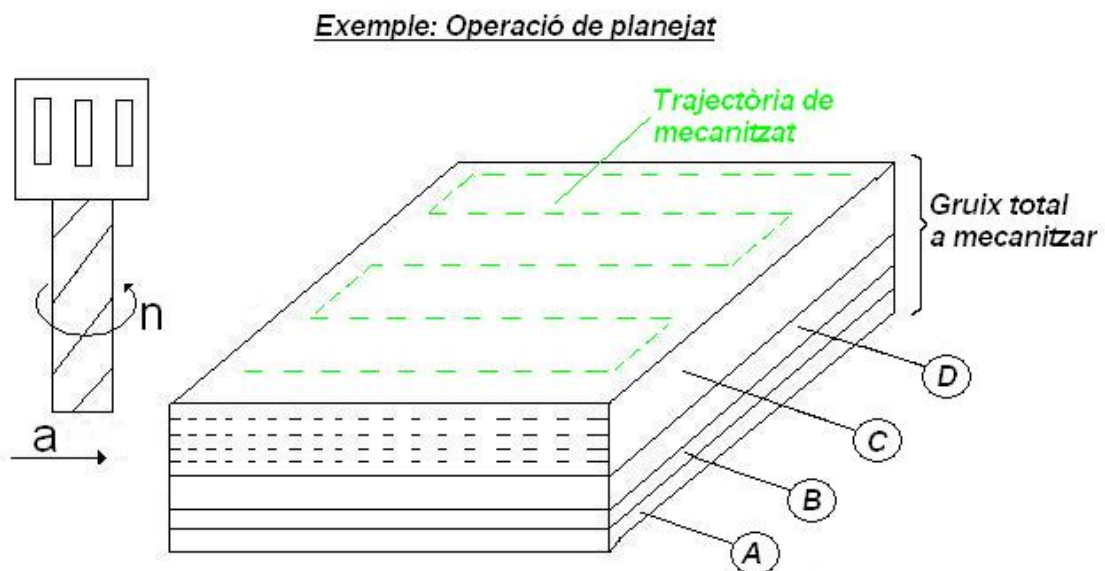


Figura 6.17. Esquema de distribució de les passades de l'algorisme de Halevi.

- A.** Passada d'acabat, molt important per obtenir l'acabat superficial desitjat. Ha de tenir un gruix determinat per assolir la rugositat superficial desitjada.
- B.** Passada de preparació d'acabat, que permetrà deixar la peça preparada per fer la passada d'acabat.

C. Passada de desbast. S'aprofitarà al màxim la potència de la màquina i les prestacions de l'eina per optimitzar el temps al màxim. Poden ser varies passades en funció del gruix total a mecanitzar.

D. Passada intermitja, serà el gruix restant que es traurà després de desbastar i tenir així la peça llesta per fer la passada de preparació, ja que les dues últimes passades (preparació d'acabat i acabat han de partir d'un gruix determinat).

6.1.2 Funcionament del nou algorisme (algorisme simplificat)

L'idoneïtat de l'algorisme anterior sembla total, ja que permet disminuir els costos de fabricació de multitud de peces en detriment d'incrementar lleugerament els costos de la planificació dels processos, ja que s'hauran d'introduir una sèrie de paràmetres que no es solen tenir en compte en petits i mitjans tallers mecànics.

El problema és que el PAPOM ha estat programat a partir de la integració d'anteriors projectes final de carrera i aquests no han estat testats amb múltiples peces, de manera que al introduir un FdR sorgeixen nombrosos problemes quan el programa executa l'esmentat algorisme.

D'altra banda, tampoc s'ha realitzat cap comprovació experimental per saber si els càlculs que realitza l'aplicació són correctes, ja que fins fa poc el taller no disposava dels aparells necessaris per fer-ho, com el rugosímetre. Per tant, actualment no es sap si els càlculs complexos que es realitzen són fiables o no.

A més a més, observant la *Figura 6.16* és obvi que la quantitat i, sobretot, el tipus de paràmetres que cal entrar per utilitzar un o altre algoritme són molt diferents. Moltes empreses, especialment les petites i mitjanes (a les quals va dirigit aquest software), no tenen en compte la majoria de les dades que es necessiten per utilitzar l'algoritme de *Halevi*, i inclús tampoc disposen dels recursos necessaris per obtenir-los.

Per aquestes 3 raons és necessari donar un camí alternatiu per poder obtenir resultats fiables i agilitzar l'ús del programa. Per això s'ha dissenyat el segon algorisme, anomenat "algorisme simplificat".

Per poder calcular els paràmetres de tall, l'algorisme dissenyat distribueix les passades de la manera següent (*Figura 6.18*):

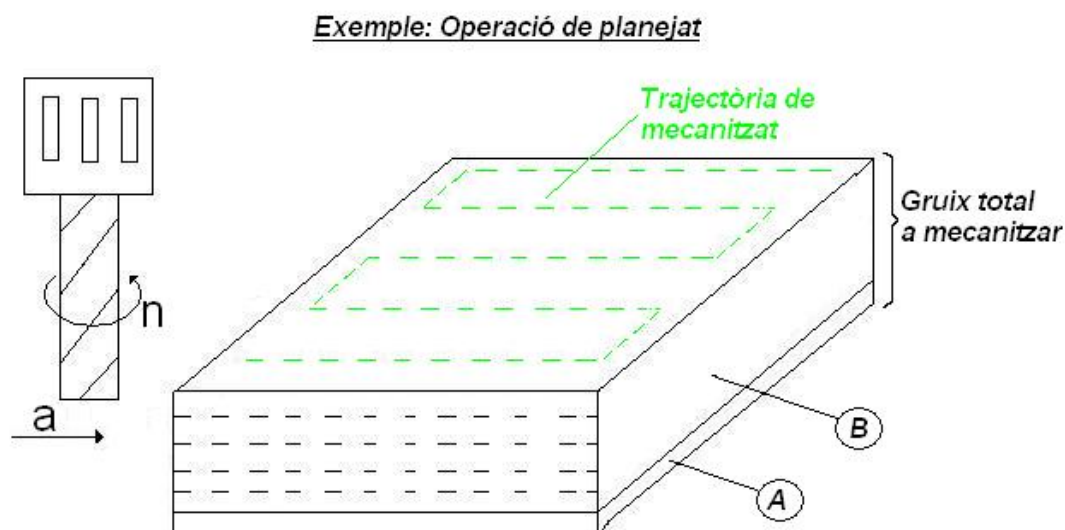


Figura 6.18. Esquema de distribució de les passades de l'algorisme simplificat

En aquest cas només es diferencia entre la passada d'acabat A, sempre única, i la de desbast B, que sol ser més d'una passada en funció del gruix total a mecanitzar.

A diferència del primer algorisme, l'usuari entra els paràmetres de tall segons la seva experiència, en funció de l'eina, els materials, l'acabat superficial i del gruix que s'hagi de mecanitzar. Es distingeix entre les condicions de desbast i les d'acabat, sobre les quals caldrà definir les velocitat d'avancament (limitada per les prestacions de la màquina que s'està utilitzant) i la profunditat de la passada (limitada per la longitud útil de tall de la pròpia eina). Es pot veure a continuació (*Figura 6.19*) la petita taula que cal omplir quan es decideix utilitzar l'algorisme simplificat.

DADES DE LA OPERACIÓ			
Gruix a mecanitzar		mm	0
Vel. Avanç mínim	mm/min	1	Vel. Avanç Màxim mm/min
			300
Vel. Avanç mínim absolut		1	Vel. Avanç màxim absolut
			20000
Avanç de desbast*	mm/min		Avanç d'acabat*
			mm/min
Longitud útil de tall		mm	32
Passada de desbast	mm		Passada d'acabat
			mm

* És recomana no utilitzar els valors absoluts perquè es limitaran el número de màquines que poden realitzar aquesta tasca

Acceptar i calcular Cancel·lar

Figura 6.19. Taula d'introducció dels paràmetres de tall

Els càlculs que realitza l'esmentat algorisme són els següents:

Si el gruix a mecanitzar és més petit que la passada d'acabat, la operació es farà en una sola passada i en condicions d'acabat.

Si el gruix a mecanitzar és més gran que la passada d'acabat es realitzarà una passada d'acabat i "n" passades de desbast, calculades de la següent manera (Eq. 5):

$$N^{\circ} \text{ passades_de_desbast} = \frac{\text{Gruix_a_mec} - \text{Passada_d'acabat}}{\text{Passada_de_desbast}} \quad \text{Eq. 5}$$

i es prendrà el valor enter per excés.

El valor real de cadascuna de les passades de desbast serà (Eq. 6):

$$P_{\text{desbast}} = \frac{\text{Gruix_a_mec} - \text{Passada_d'acabat}}{N^{\circ} \text{ passades_de_desbast}} \quad \text{Eq. 6}$$

Els valors resultants ompliran les caselles en blanc de l'apartat "Passades en profunditat", mentre que la columna de les velocitats d'avanç prendrà els valors que s'hagin entrat. Cal destacar que la taula de sortida està pensada per quan s'executa l'algorisme de *Halevi*, de manera que els resultats només emplenaran les caselles de primeres passades (desbast) i passada d'acabat, la resta quedaran anul·lades (*Figura 6.20*).

TEMPS I COSTS			
Passades longitudinals		Passades en profunditat	
num	Passada	Passada (mm)	Avanç (mm/rev)
passades (mm)			
primera passada		primeres passades	
Altres passades		Avantpenúltima passada	
		Penúltima passada	
Marge de Seguretat		Passada d'acabat	
Temps (min)		Cost (€)	
Preparació			
Tall			
Improductiu			
Canvi d'eina			
Total			

Figura 6.20. Taula de resultats del càlcul de les operacions.

Els temps i costos es mesuren tal i com s'ha explicat al llarg d'aquest capítol, de manera que quan l'usuari ha acabat d'introduir tots els paràmetres i està d'acord amb els resultats es validen els càlculs i passen a formar part del full d'operacions. En cas de que no estigui d'acord amb els resultats, es podran tornar a introduir unes condicions que s'ajustin més als requeriments de fabricació, com disminució dels temps i costos de la operació.

6.2 Ampliació del nombre d'operacions que es calculen al PAPOM.

Al PAPOM hi havia inicialment un total de 37 operacions donades d'alta, però només n'hi havia 5 (les que apareixen en negreta a la *Taula 4*) que es podien calcular amb el programa.

La principal problemàtica és que la llista no era viable, ja que es tractaven totes les operacions com a independents i això feia que s'haguessin de crear 37 subprogrames de càlcul diferents. Això era un problema de cares a la implementació informàtica.

D'altra banda, a la llista hi havia un error de concepte molt important: El fresatge frontal i el fresatge tangencial no són operacions per si soles, sinó que són 2 maneres de realitzar les operacions amb una fresa. Per tant, han d'estar a un "nivell jeràrquic" inferior, de manera que cada operació de fresa es pugui triar si es fa frontal o tangencialment.

Cilindratge	Escariament amb fresa	Avellanat
Refrentatge	Ranuratge amb torn	Barrenat
Trepatge amb torn	Ranuratge amb fresa	Retallat
Trepatge amb fresa	Moletjat	Rectificat
Trepatge amb taladre	Tornejament cònic	Fresatge frontal
Mandrinatge amb torn	Tronçatge	Fresatge tangencial
Mandrinatge amb fresa	Planejat	Estacar peça
Mandrinatge amb taladre	Contornejat	Tractament tèrmic
Roscatge amb torn	Fresatge helicoidal	Acabat superficial
Roscatge amb taladre	Fresatge engranatges	Netejar
Roscatge amb fresa	Mortallat	Altres
Escariament amb torn	Abocardat	
Escariament amb taladre	Penetrat	

Taula 4. Llistat de les operacions que hi havia al PAPOM inicialment.

La filosofia de millora tractarà de redissenyar el ventall d'operacions, afegint, eliminant i reagrupant-les per poder evolucionar de les 5 inicials a un mínim d'operacions que permetin entrar una varietat de peces important. Per tant, es passarà de tenir un programa molt limitat a tenir una aplicació que permetrà començar a manipular fulls de ruta de peces reals.

El canvi més important que s'ha realitzat al programa ha estat l'agrupació de les operacions per poder implementar la mateixa base de càlcul en totes elles i facilitar-ne la programació. Aquesta decisió s'ha pres després de moltes discussions amb els membres del departament, i ha estat la clau d'aquest projecte.

El PAPOM es troba en constant fase de desenvolupament i és necessari seguir un pla de treball adequat per no invertir esforços envà. Per això no es tenen en compte certes operacions de mecanitzat menys comunes, que seran implementades en un futur quan el

programa ja tingui certa maduresa i les operacions bàsiques funcionin correctament. Es tracta del mortallat, el penetrat, l'escariament, el retallat, l'abocardat, el barrenat i el moletejat.

També s'han eliminat el fresatge frontal i tangencial, ja que com s'ha comentat anteriorment no són operacions de mecanitzat per si soles, sinó una manera de realitzar algunes operacions de fresa.

Finalment, s'han eliminat operacions que no es solen realitzar amb algunes màquines, el mandrinatge i el roscatge amb taladre.

Tenint en compte tots aquests canvis, les operacions que es contempen actualment al PAPOM són les de la *Taula 5*:

Operacions de torn	Grup		Grup
Cilindratge	1	Mandrinatge amb fresa	3
Cilindratge cònic	1	Avellanat amb fresa	3
Roscatge exterior amb torn	1	Operacions amb taladre	
Roscatge interior amb torn	1	Trepatge	3
Mandrinatge amb torn	1	Avellanat	3
Refrentatge	2	Operacions amb la rectificadora	
Ranuratge amb torn	2	Rectificat	5
Tronçatge	2	Operacions amb la serra	
Trepatge amb torn	3	Tallar	6
Operacions amb fresa		Altres	
Planejat	4	Estacar peça (es pot fer a cada màquina)	-
Caixera	4	Tractament tèrmic	-
Ranuratge amb fresa	4	Acabat superficial	-
Contornejat	4	Netejar	-
Trepatge amb fresa	3	Altres	-
Roscatge amb fresa	3		

Taula 5. Nova classificació de les operacions

Amb aquesta nova classificació s'ha passat a tenir-ne 26, tot i que les operacions dels grups 5 i 6 estan pendents d'implementar-se en una futura versió del programa.

Les operacions que no pertanyen a cap grup no es calcularan mitjançant un algorisme i només caldrà omplir-ne els temps de forma manual, ja que no són realitzades mitjançant l'arranc de feritja. Aquests temps són fruit de l'experiència del taller o bé seran

proporcionats per una altra empresa, segons si es duen a terme a la pròpia planta o es subcontracten (per exemple, en el cas d'un tractament tèrmic, o d'un acabat superficial).

La feina realitzada ha estat pensar les noves pantalles per totes les operacions, contemplant totes les variables necessàries, i dissenyar-les amb el programa *Microsoft Visual Basic.Net*, V7.1, perquè l'informàtic del departament només hagués de generar el codi. A més a més, s'han establert les noves equacions de càlcul per les operacions que ho han requerit.

6.2.1 Operacions del grup 1:

Totes les operacions d'aquest grup es realitzen al torn i parteixen de la base de la operació de cilindratge que ja hi havia implementada (veure *Taula 4*). S'ha aprofitat part del codi i de la seva interfície gràfica. Les operacions derivades d'aquesta han estat (*Figura 6.21*):

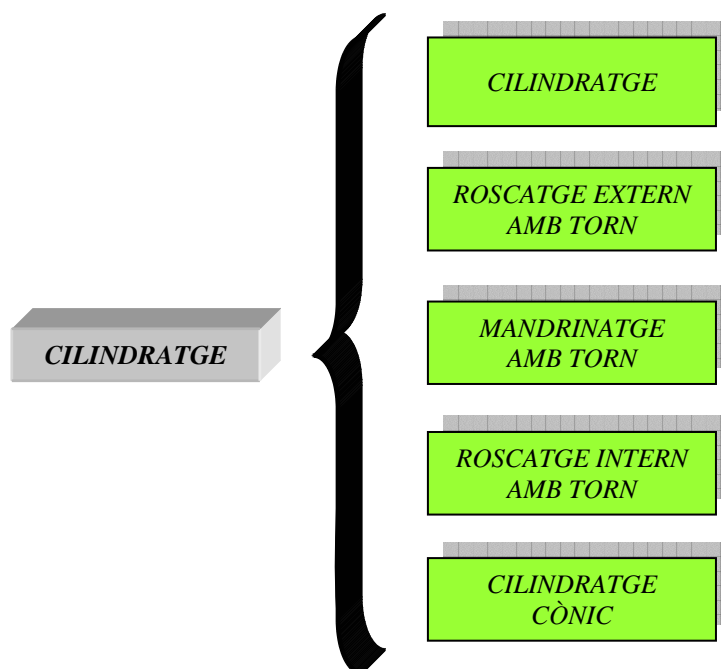


Figura 6.21. Esquema de l'origen de les operacions actuals.

Inicialment, el cilindratge programat era el que es veu a la *Figura 6.22*. Les marques en vermell mostren elements on s'han detectat punts de millora.

CILINDRAT 6

Descripció brut
Descripció mides finals
Descripció operació

DADES DE LA PEÇA A FABRICAR (Material utilitzat)

Duresa material BHN	180	Rug. superficial Ra μm	0.8	Gruix a mecanit a_n mm	
Deflexió acabat d finish mm	0.016	Deflexió desbast d rough mm	0.1	Força de tall C_p N/mm ²	220
Mòdul de Young E Kg/mm ²	21000	Longitud L mm		Inèrcia I mm ⁴	18857410

Embridament Simple 7 Doble

DADES DE LA OPERACIÓ 5

Diàmetre inicial (meca) mm		Velocitat lineal de tall V_c m/min		Velocitat de gir N rpm	
Temps canvi eina min	1	Taxa horària ϵ/min		judiciació a filat ϵ	5
Velocitat retroces mm/min	850	Temps preparació op. min		filat eina ϵ	0

PARAMETRES TECNOLÒGICS

TECNOLÒGICS	PEÇA	MATERIAL	MÀQUINA	EINA	USUARI
atmax	asmax	ahmax	avmax	amax	aumax
atmin			avmin	amin	
ftmax	fsmx		fkmax	fmax	
ftmin			fmin	fmin	

TEMPS I COSTS 1

Calcular

Passada (mm) Avanç (mm/rev)

☐ primeres passades
☐ Avantpenúltima passada
☐ Penúltima passada
☐ Passada d'acabat

Preparació
Tall
Improductiu
Canvi d'eina
Total

Temps (min) Cost (€)

Manual Usuari
ENVIAR DADES A OPERACIONS
PANTALLA TASQUES

Figura 6.22. Pantalla antiga de la operació de cilindratge.

1. El primer que s'aprecia en aquesta pantalla de càlcul és que es tracta d'una interfície extremadament densa, que fa que l'usuari no vegi amb claredat els paràmetres que ha d'entrar.

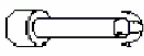
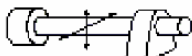
Aprofitant que s'ha dissenyat un segon algorisme més simplificat, s'eliminaran de la pantalla principal tots els paràmetres que siguin necessaris per utilitzar l'algorisme de *Halevi*, ja que són una quantitat important de camps a emplenar. D'aquesta manera la pantalla quedarà molt més neta i resultarà més fàcil treballar-hi.

El que s'ha fet és crear dos botons per executar els diferents algorismes, en funció del que vulgui fer l'usuari, ja que l'actual botó “Calcular” envia directament els paràmetres a l'algorisme simplificat.

Si es decideix realitzar l'algorisme de *Halevi* per intentar trobar les condicions de tall que permetin obtenir un acabat superficial concret, caldrà prémer el botó “Càlcul optimitzat”, com es mostra en totes les figures de les pantalles de cada operació, al llarg d'aquest capítol. A continuació es desplegarà una segona pantalla (*Figura 6.23*), on s'hauran d'entrar tots els paràmetres específics per poder realitzar els càlculs. Aquestes variables s'eliminaran de la pantalla principal. D'aquesta manera s'aconsegueix no confondre als usuaris que no vulguin utilitzar-lo amb la pantalla tan densa que hi havia inicialment. Quan es prem el botó ‘acceptar i calcular’ el programa mostra els resultats a la pantalla principal.

Càlcul optimitzat del cilindrat

DADES DE LA PEÇA A FABRICAR (Material utilitzat)							
Duresa material	BN	100	Rug. superficial	Ra μm	0.8	Gruix a mecanit	mm
Deflexió acabat	d finish	1	Deflexió desbast	d rough	0.1	Força de tall	Cp N/mm ²
Mòdul de Young	E	21000	Longitud entre suports	L	mm	Inèrcia	I mm ⁴
							18857410

Embridament ☒ Simple  ☐ Doble 

PARÀMETRES TECNOLÒGICS					
MAQUINA	EINA		ALTRES		
avmax	7.5	akmax	7.5	aumax	
avmin	0.3				
		fkmax	0.7	fumax	
fmin	0.05				

Acceptar i calcular Cancel·lar

Figura 6.23. Pantalla específica dels paràmetres de l'algorisme de *Halevi* per operacions del grup 1.

D'altra banda, si la es decideix realitzar el càlcul més senzill, caldrà que es cliqui el botó “Càlcul sense optimitzar”, com també es mostrarà en totes les figures de les pantalles de cada operació. En aquest cas només apareixerà una petita pantalla (*Figura 6.24*) que permetrà inserir les velocitats d'avanç i les passades de mecanitzat. Quan es prem el botó ‘acceptar i calcular’ el programa dóna els resultats a la pantalla principal.

DADES DE LA OPERACIÓ			
Gruix a mecanitzar		mm	10
Avanç mínim	mm/rev	0	Avanç Màxim
			mm/rev 80
Avanç mínim absolut		0	Avanç màxim absolut
			80
Avanç de desbat*	mm/rev		Avanç d'acabat*
			mm/rev
Longitud útil de tall		mm	5
Passada de desbast	mm		Passada d'acabat
			mm

* És recomana no utilitzar els valors absoluts perquè es limitaran el número de màquines que poden realitzar aquesta tasca

Acceptar i calcular Cancel·lar

Figura 6.24. Pantalla dels paràmetres de l'algorisme simplificat per les operacions del grup 1.

Aquesta pantalla imposa unes restriccions en la passada màxima i en els avanços, perquè l'usuari no introdueixi valors que després no es podran assolir en la realitat. Els avanços han d'estar en unitats de *mm/rev*, perquè són les adequades per treballar amb torn.

Les restriccions de passada màxima venen donades per la longitud útil de tall que té l'eina amb la que es realitza la operació. Mai podrà fer una profunditat de passada més gran que la seva pròpia longitud de tall.

Pel que fa els avanços, els que anomena "absoluts" són l'avanç mínim i màxim de la màquina del centre de treball que té un rang més ampli. Com es pot llegir en l'anotació que hi ha al peu de la pantalla, no es recomana utilitzar aquests valors ja que quan el PAPOM intenti adjudicar la màquina que realitzarà aquesta operació n'hi haurà que potser no compliran aquestes restriccions i ja quedaran descartades per l'adjudicació de la tasca. (L'eina d'adjudicació automàtica de màquines encara no està operativa, però deixa preparat per quan s'implementi).

D'altra banda, si s'introdueixen uns avanços dins del límit més restrictiu, hi ha la certesa que totes les màquines del centre de treball podran assolir aquestes condicions de tall.

2. Inicialment hi havia 6 restriccions tècniques pels avanços i fletxes a l'hora de mecanitzar, però s'ha cregut convenient reduir-les a 4 per no introduir tantes variables al

sistema. S'han eliminat les que fan referència a la pròpia peça i al material, ja que eren les que permetien controlar menys paràmetres. A més, aquest quadre també s'ha traslladat a la pantalla específica de l'algorisme de *Halevi* perquè només ho necessita aquest algorisme.

3. La taxa horària estava en €/min, però les empreses no treballen amb aquesta unitat, així que s'han de posar tots els paràmetres en les unitats amb què estan acostumades a treballar, que seran €/h. Caldrà modificar el codi informàtic i per tenir en compte el canvi d'unitats.

4. En cada operació es permetia entrar el temps de canvi d'eina i es sumaven al temps de preparació de la operació. Quan es va programar, es va tenir en compte que cada cop que es realitza un canvi d'operació i d'eina l'operari ha d'anar a la màquina, obrir-la i canviar l'eina, fet que implica un temps. Cal destacar que aquest temps només apareix en les màquines manuals, no en les automàtiques, on aquest temps és mínim.

El problema és que tal i com estava fins ara, el temps de canvi d'eina que s'introduïa en aquest camp es sumava directament sobre el temps de preparació i a més a més es ponderava per atribuir, de forma proporcional a la vida de l'eina, segons l'Eq. 1. Aquest tractament era incorrecte, ja que es barregen dos tipologies de temps diferents i el temps total de la operació sortia molt elevat.

La solució ha estat que el temps de canvi d'eina sigui un paràmetre propi de l'eina, que s'introdueix quan aquesta es dona d'alta. Així el camp "Temps de canvi d'eina" (*Figura 6.22*) serà només informatiu (no se'n podrà canviar el valor) i no es sumarà al temps de preparació, sinó que anirà directament al càlcul de l'Eq. 1. En el cas que la operació requereixi canviar l'eina de forma manual, aquest temps caldrà tenir-lo en compte dintre de "Temps de preparació de la operació".

5. En la versió anterior, el programa no diferenciava entre velocitats de tall (V_c) en el desbast i en l'acabat, però generalment són diferents. Això provocava que com que es necessitaven introduir 2 velocitats diferents, una mateixa operació s'hagués d'introduir 2 vegades, diferenciant entre les passades de desbast i d'acabat com es reflexa a la *Figura 6.25*, on les 3 últimes operacions són les mateixes que les 3 primeres però en condicions d'acabat.

2.1 2.2	
Codi Control Numèric: 0	Alta Tasca Baixa Tasca
Estacar la peça a la fresa	Veure dades
Planejat de la cara inferior de 1,25mm. (desbast)	Veure dades
Desbast caixera d=42mm de prof=17,75	Veure dades
Desbast caixera d=25mm de prof=26,75	Veure dades
2 forats de d=7,9mm	Veure dades
2 forats de d=8,5mm	Veure dades
Planejat cara inferior 0,25mm (acabat)	Veure dades
Acabat caixera d=42mm de prof=0,25mm	Veure dades
Acabat caixera d=25mm de prof=0,25mm	Veure dades

Figura 6.25. Exemple de FdR sense poder diferenciar entre les Vc

Actualment, es permet introduir les dues velocitats de tall diferents, i tenint també en compte tant l'avanç com les passades de desbast i d'acabat, es podrà donar d'alta una operació amb les 2 condicions diferents.

6. El nom de la operació que s'estava calculant no es veia clarament. Actualment, s'ha dissenyat les pantalles amb uns títols més clars.

7. Les dades que es demanaven per saber el gruix total a mecanitzar eren les del diàmetre inicial del brut i el gruix a mecanitzar. Com que als plànols de fabricació les mides que es mostren són les finals, és millor poder introduir directament el diàmetre final de la peça i que el programa calculi internament el gruix, que sempre serà la diferència dels radis inicials i finals.

A continuació s'exposen els resultats específics d'implementar cadascuna de les 4 operacions d'aquest grup.

Cilindratge

Consisteix en mecanitzar una peça generada per revolució amb una longitud i diàmetre determinat (*Figura 6.26*). La velocitat d'avanç la duu l'eina i és paral·lela a l'eix de revolució de la peça, mentre que és el brut qui gira a un nombre de revolucions determinat.

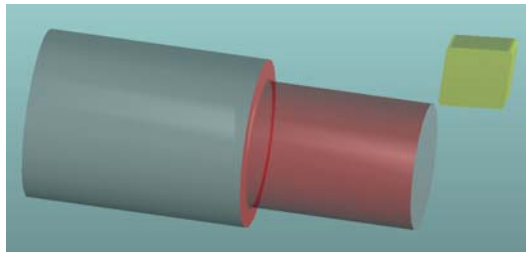


Figura 6.26. Il·lustració de la operació de cilindratge.

Hi ha dues tecnologies per realitzar la operació:

- *A velocitat de tall constant:* La velocitat relativa entre l'eina i el material no varia i a mesura que el diàmetre canvia per l'acció del mecanitzat el nombre de revolucions a les que gira la peça també varien per complir l'Eq. 7.

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{1000}$$

Eq. 7

On:

D = diàmetre de la peça [mm]

V_c = Velocitat de tall [m/min]

N = nombre de revolucions de gir de la peça [rpm]

- *A velocitat de gir constant:* S'imposa la variable N a l'Eq. 7 i s'obté el valor de la velocitat de tall instantània segons cada diàmetre.

El PAPOM està programat per treballar de la segona manera.

A la *Figura 6.27* es mostren els resultats de la nova pantalla per aquesta operació. Tots els camps que estan senyalitzats en vermell significa que han variat respecte la pantalla

base, d'acord amb els canvis explicats anteriorment (tan els generals com els específics d'aquest grup d'operacions).

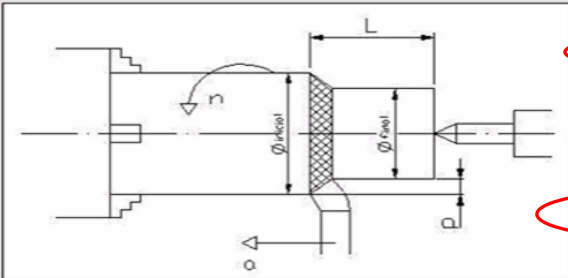
Operacions amb torn

CILINDRAT

Descripció brut
Es pot partir d'un QUADRAT COMERCIAL de P (Acer) amb les següents característiques:
CONSTANT = 70mm

Descripció mides finals
60 x 60 x 45

Descripció operació



DADES DE L'OPERACIÓ				
Diàmetre inicial <small>Øbrut</small>	mm	1	Diàmetre final <small>Øfent</small>	mm
Velocitat lineal de tall (desbast)	Vc <small>m/min</small>	1	Velocitat de gir (desbast)	N <small>rpm</small>
Velocitat lineal de tall (acabat)	Vc <small>m/min</small>	1	Velocitat de gir (acabat)	N <small>rpm</small>
L a mecanitzar	L <small>mm</small>	250	Taxa horària	€/h
Velocitat retroces	<small>m/min</small>	2	Cost adquisició eina	€
Temps preparació op.	min		cost afilat eina	€
			Temps canvi eina	min


parametre vida útil eina

a11 1,04 k11 4280 p11 0,407 n11 0,329


TEMPS I COSTS

	Passada (mm)	Avanç (mm/rev)	Temps (min)	Cost (€)
<input type="checkbox"/> primeres passades				
Avantpenúltima passada				
Penúltima passada				
Passada d'acabat				
Preparació				
Tall				
Improductiu				
Canvi d'eina				
Total				


Càlcul optimitzat
Càlcul sense optimització



Manual Usuari



ENVIAR DADES A OPERACIONS



TORNAR ENRERE

Figura 6.27. Nova pantalla pel cilindrat.

Cilindratge cònic

Consisteix en mecanitzar una peça generada per revolució amb diàmetre linealment variable al llarg del seu eix, de manera que el sòlid generat és un con (Figura 6.28). La velocitat d'avanç la duu l'eina. El brut gira a un nombre de revolucions determinat.

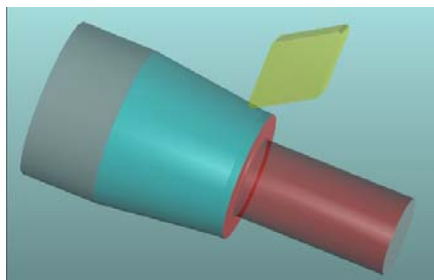


Figura 6.28. Cilindratge cònic.

Es pot realitzar de dues maneres (*Figura 6.29*), a part de les dues que ja s'han comentat anteriorment (a V_c constant o a N constant):

- Deixant el cilindre recte i realitzant l'avanç amb una inclinació α (a). Aquesta opció és vàlida per cons curts, perquè el porta-eines està limitat en el seu moviment.
- Inclinant l'estacada del cilindre i mantenint l'avanç recte (b). Serà una opció adequada en cons llargs de poca conicitat, tant per la baixa elasticitat del material com per la poca desalineació que es pot crear entre les mordasses i el contrapunt.

El PAPOM realitzarà els càlculs de la primera manera, així que de moment no està preparat per l'obtenció cons llargs.

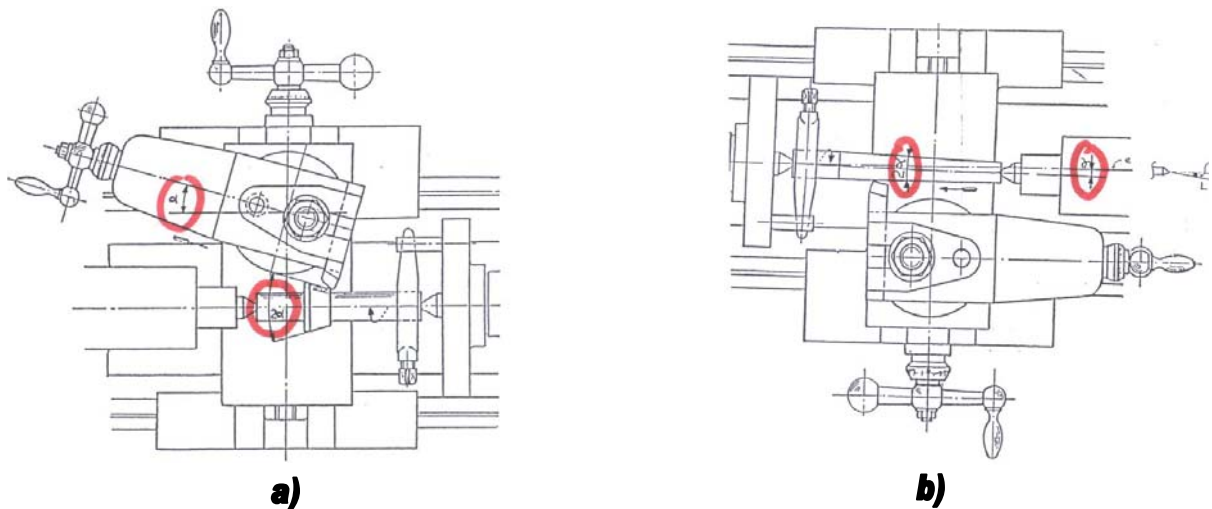


Figura 6.29. Exemple de les dues maneres de mecanitzar un con. (Font: Calvet, 1991)

La *Figura 6.30* ensenya com ha quedat implementada la pantalla per aquesta operació. Tots els camps que estan senyalitzats en vermell significa que han variat respecte la pantalla base d'acord amb els canvis explicats anteriorment. Els que a més estan numerats reflecteixen canvis específics pel cilindratge cònic.

Operacions amb torn

CILINDRAT CÒNIC

Descripció brut Es pot partir d'un QUADRAT COMERCIAL de P (Acer) amb les següents característiques:
CONST = 70mm

Descripció mides finals 60 x 60 x 45

Descripció operació

DADES DE LA OPERACIÓ

Diàmetre inicial (brut)	mm	1	Angle del con	°	0
Velocitat lineal de tall (desbast)	Vc m/min	1	Velocitat de gir (desbast)	N rpm	0
Velocitat lineal de tall (acabat)	Vc m/min	1	Velocitat de gir (acabat)	N rpm	0
L a mecanitzar	L mm		Raxa horària	€/h	15
Velocitat retroces	m/min	250	Cost adquisició eina	€	8,84
Temps preparació op.	min	2	cost afilat eina	€	0
Temps canvi eina			min	5	

parametre vida util eina

a11	1,04	k11	4280	p11	0,407	n11	0,329
-----	------	-----	------	-----	-------	-----	-------

TEMPS I COSTS

	Passada (mm)	Avanç (mm/rev)	Temps (min)	Cost (€)
<input type="checkbox"/> primeres passes				
Avantpenúltima passada				
Penúltima passada				
Passada d'acabat				
Preparació				
Tall				
Improductiu				
Canvi d'eina				
Total				

Càlcul optimitzat
Càlcul sense optimització

Manual Usuari

ENVIAR DADES A OPERACIONS

TORNAR ENRERE

Figura 6.30. Nova operació de cilindrat cònic.

1. Calia adequar el dibuix a la operació concreta per poder mostrar les variables que es demanen correctament.

2. Per poder mesurar la longitud total i el gruix a mecanitzar es necessita saber l'angle de conicitat α , per això cal crear un nou camp per la variable. Els càlculs es realitzaran segons l'Annex A. 1.

Roscatge exterior amb torn

A diferència del cilindratge, el roscatge es realitza amb un avanç molt superior, de manera que l'eina realitza una hèlix amb un pas totalment apreciable, que formarà la rosca (Figura 6.31). El pas, es fixa imposant que l'avanç sigui igual al pas de rosca. D'aquesta manera, per cada volta que doni la peça, l'eina avançarà un pas de rosca. Així doncs, dels

paràmetres de tall només es podran regular la velocitat de tall i la passada, mentre que l'avanç serà fixat pel pas de rosca.

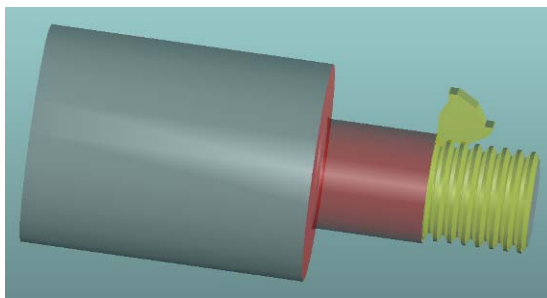


Figura 6.31. Roscatge exterior amb torn.

El resultat final s'observa en la Figura 6.32.

Operacions amb torn

ROSCATGE AMB TORN

Descripció brut
Es pot partir d'un QUADRAT COMERCIAL de P (Acer) amb les següents característiques:
COSTΔT= 70mm

Descripció mides finals
60 x 60 x 45

Descripció operació

DADES DE LA OPERACIÓ			
Diàmetre inicial (brut)	mm	1	Profunditat de rosca
Velocitat lineal de tall (desbast)	Vc m/min	1	Velocitat de gir (desbast)
Velocitat lineal de tall (acabat)	Vc m/min	1	Velocitat de gir (acabat)
L. a mecanitzar	L mm		Taxa horària
Velocitat retroces	m/min	250	Cost adquisició eina
Temps preparació op.	min	2	cost afilat eina
Pas de rosca			Temps canvi eina

parametre vida util eina

a11 1,04 k11 4280 p11 0,407 n11 0,329

TEMPS I COSTS

	Passada (mm)	Avanç (mm/rev)	Temps (min)	Cost (€)
<input type="checkbox"/> primeres passades				
Avantpenúltima passada				
Penúltima passada				
Passada d'acabat				
Preparació				
Tall				
Improductiu				
Canvi d'eina				
Total				

Càlcul optimitzat
Càlcul sense optimització

Manual Usuari

ENVIAR DADES A OPERACIONS

TORNAR ENRERE

Start | avis - Notepad | PAPOM_V3 | Programa Assistit a la PI... | Dades del full de ruta | Introdu

Figura 6.32. Nova pantalla per la operació de roscatge exterior amb torn.

1. Calia adequar el dibuix a la operació concreta per poder mostrar les variables que es demanen correctament.

2. Es necessita un nou paràmetre per poder imposar que l'avanç sigui igual al pas de rosca, per això es necessita crear aquest paràmetre.

3. El gruix a mecanitzar no es calcularà, sinó que serà una variable que dependrà de la geometria de la rosca i, per tant, també s'introduirà el seu valor.

Roscatge interior amb torn.

Es tracta d'una operació igual al roscatge exterior, però que es realitza en l'interior de forats, de manera que les possibilitats constructives seran força més restringides (*Figura 6.33*). Hi ha la limitació bàsica del diàmetre de la barra de roscar que farà impossible obtenir rosques interiors en forats molt petits.

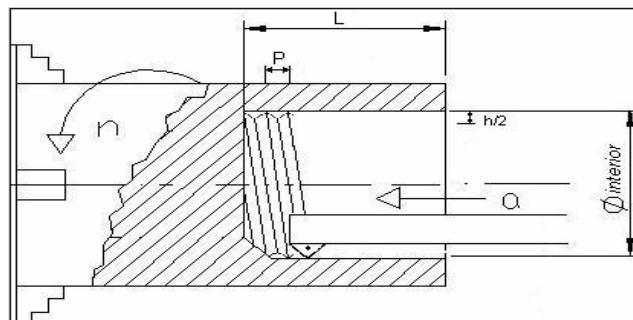


Figura 6.33. Roscatge interior amb torn.

Després de la programació informàtica, el resultat és el següent (*Figura 6.34*):

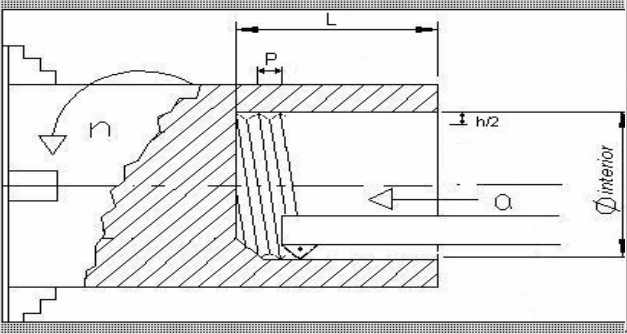
Operacions amb torn

ROSCATGE INTERIOR

Descripció brut: Es pot partir d'un QUADRAT COMERCIAL de P (Acer) amb les següents característiques:
CONSTAT = 70mm

Descripció mides finals: 60 x 60 x 45

Descripció operació:



DADES DE LA OPERACIÓ				
Diàmetre inicial (brut)	mm	1	Profunditat de rosca	h mm
Velocitat lineal de tall (desbast)	Vc m/min	1	Velocitat de gir (desbast)	N rpm
Velocitat lineal de tall (acabat)	Vc m/min	1	Velocitat de gir (acabat)	N rpm
L a mecanitzar	L mm		Taxa horària	€/h
Velocitat retroces	m/min	250	Cost adquisició eina	€
Temps preparació op.	min	2	cost afilant eina	€
Pas de rosca			Temps canvi eina	min

parametre vida útil eina

a11	1,04	k11	4280	p11	0,407	n11	0,329
-----	------	-----	------	-----	-------	-----	-------

TEMPS I COSTS

	Passada (mm)	Avanç (mm/rev)	Temps (min)	Cost (€)
<input type="checkbox"/> primeres passades				
Avantpenúltima passada				
Penúltima passada				
Passada d'acabat				
Preparació				
Tall				
Improductiu				
Canvi d'eina				
Total				

Càlcul optimitzat
Càlcul sense optimització

Manual Usuari ENVIAR DADES A OPERACIONS TORNAR ENRERE

Start avis - Notepad PAPOM_V3 Programa Assistit a la Pl... Dades del full de ruta Introdu...

Figura 6.34. Nova pantalla del roscatge interior.

Les modificacions necessàries són les mateixes que en el cas del roscatge exterior:

1. Calia adequar el dibuix a la operació concreta per poder mostrar les variables que es demanen correctament.
2. Es necessita un nou paràmetre per poder imposar que l'avanç sigui igual al pas de rosca, per això es necessita crear aquest paràmetre.
3. El gruix a mecanitzar no es calcularà, sinó que serà una variable que dependrà de la geometria de la rosca i, per tant, també s'introduirà el seu valor.

Mandrinatge amb torn

Consisteix en engrandir un forat realitzat prèviament, l'eix del qual és el mateix que l'eix de gir de la peça, per assolir un nivell de tolerància més elevat (Figura 6.35).

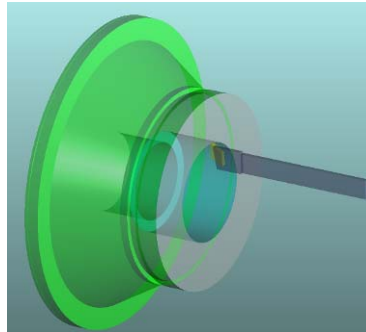


Figura 6.35. Mandrinatge amb torn.

La resolució d'aquesta nova operació és la següent (Figura 6.36):

Operacions amb torn

MANDRINAT

Descripció brut: Es pot partir d'un QUADRAT COMERCIAL de P (Acer) amb les següents característiques:
 $\Gamma_{\text{NST\&T}} = 70\text{mm}$

Descripció mides finals: 60 x 60 x 45

Descripció operació:

1

2

DADES DE LA OPERACIÓ					
Diàmetre inicial	mm	1	Diàmetre final	mm	0
Velocitat lineal de tall (desbast)	Vc m/min	1	Velocitat de gir (desbast)	N rpm	0
Velocitat lineal de tall (acabat)	Vc m/min	1	Velocitat de gir (acabat)	N rpm	0
L a mecanitzar	L mm		Laxa horària	€/h	15
Velocitat retroces	m/min	250	Cost adquisició eina	€	8,84
Temps preparació op.	min	2	cost afilat eina	€	0
			Temps canvi eina	min	5

parametre vida útil eina

a11	1,04	k11	4280	p11	0,407	n11	0,329
-----	------	-----	------	-----	-------	-----	-------

TEMPS I COSTS

	Passada (mm)	Avanç (mm/rev)	Temps (min)	Cost (€)
<input type="checkbox"/> primeres passades				
Avantpenúltima passada				
Penúltima passada				
Passada d'acabat				
Preparació				
Tall				
Improductiu				
Canvi d'eina				
Total				

Càlcul optimitzat
Càlcul sense optimització

[Manual Usuari](#)
[ENVIAR DADES A OPERACIONS](#)
[TORNAR ENRERE](#)

Start | avis - Notepad | PAPOM_V3 | Programa Assistir a la PI... | Dades del full de ruta | Intro

Figura 6.36. Nova interfície de la operació mandrinatge amb torn.

1. Calia adequar el dibuix a la operació concreta per poder mostrar les variables que es demanen correctament.

2. A diferència de la resta d'operacions de torn, el diàmetre inicial serà més petit que el final, de manera que per obtenir un valor positiu per la variable de gruix a mecanitzar s'han de girar els termes i la nova manera de calcular-lo serà segons l'Eq. 8:

$$Gruix_a_mecanitzar = \frac{D_{final} - D_{inicial}}{2} \quad Eq. 8$$

6.2.2 Operacions del grup 2:

En aquest cas, cap de les operacions que ja hi havia implementades al PAPOM serveix per establir una base per les noves operacions d'aquest grup, de manera que caldrà implementar tot l'algorisme de nou amb les equacions de càlcul de temps i costos pertinents.

Per dissenyar les interfícies s'ha intentat assimilar totes les pantalles a la del cilindratge, per facilitar la utilització del programa. Internament, però, els càlculs es realitzen segons les equacions corresponents a cada operació.

Refrentatge

Es tracta de mecanitzar una superfície plana perpendicular a l'eix de gir de la peça (Figura 6.37). Aquesta superfície pot ser de tot el diàmetre de la peça (circumferència), o d'un punt on hi ha un canvi de diàmetre (corona circular).

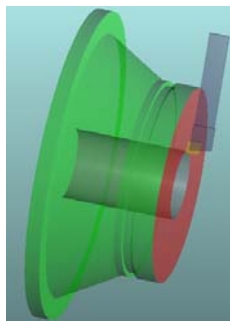


Figura 6.37. Operació de refrentatge.

A continuació s'exposaran les equacions bàsiques que s'han implementat:

Càlcul del temps total de tall (Eq. 9):

$$t_c = \frac{D_{inicial} - D_{final}}{2 \cdot a_{desbast} \cdot N_{desbast}} \cdot N^{\circ} Passades_desbast + \frac{D_{inicial} - D_{final}}{2 \cdot a_{acabat} \cdot N_{acabat}} \quad \text{Eq. 9}$$

On:

a : avanç de l'eina [mm/rev]

D : diàmetre de la peça, inicial o final [mm]

N : velocitat de gir de la peça [rpm]

El nombre de passades de desbast seguirà l'expressió següent (Eq. 10):

$$N^{\circ} passades_desbast = \frac{L - Passada_d'acabat}{Passada_de_desbast} \quad \text{Eq. 10}$$

i es prendrà el valor enter per excés.

El valor real de cadascuna de les passades de desbast serà (Eq. 11):

$$P_{desbast} = \frac{L - Passada_d'acabat}{N^{\circ} passades_de_desbast} \quad \text{Eq. 11}$$

On:

L : gruix a refrentar [mm]

La nova interfície per aquesta operació es mostra tot seguit (Figura 6.38):

Operacions amb torn

REFRENTAT

Descripció brut

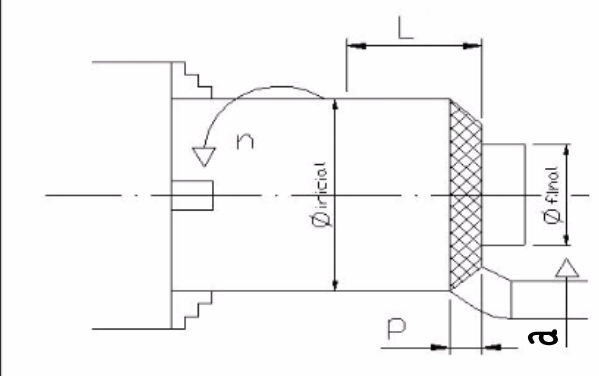
Es pot obtenir el volum de partida per Tall per doll d'aigua de PVC
DIÀMETRE = 30mm

Descripció mides finals

$\varnothing = 30$ gruix = 71

Descripció operació

Refrentatge



DADES DE LA OPERACIÓ					
Diàmetre inicial (brut)	mm	1	Diàmetre final	mm	
Velocitat lineal de tall (desbast)	Vc m/min	1	Velocitat de gir (desbast)	N rpm	0
Velocitat lineal de tall (acabat)	Vc m/min	1	Velocitat de gir (acabat)	N rpm	0
L a mecanitzar	L mm		Taxa horària	€/h	15
Velocitat retroces	mm/min	250	Cost adquisició eina	€	8,64
Temps preparació op.	min	2	cost afilat eina	€	0
Temps canvi eina				min	5

parametre vida util eina


a11	1,04	k11	4280	p11	0,407	n11	0,329
-----	------	-----	------	-----	-------	-----	-------

TEMPS I COSTS


	Passada (mm)	Avanç (mm/rev)	Temps (min)	Cost (€)
<input type="checkbox"/> primeres passades				
Avantpenúltima passada				
Penúltima passada				
Passada d'acabat				
Preparació				
Tall				
Improductiu				
Canvi d'eina				
Total				

Càlcul optimitzat


Càlcul sense optimització



Manual Usuari



ENVIAR DADES A OPERACIONS



TORNAR ENRERE

Figura 6.38. Nova operació de refrentat.

Ranuratge amb torn

Es tracta d'obrir un ranura cilíndrica en una amplada determinada de la peça (Figura 6.39). Si la ranura és estreta es realitzarà amb una eina d'amplada igual a la de la ranura, però si és més ampla s'haurà de donar a l'eina el moviment d'avanç necessari.

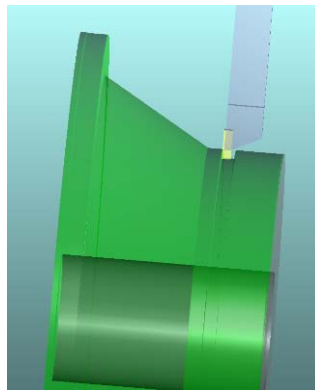


Figura 6.39. Operació de ranuratge amb torn.

El segon cas es pot dur a terme de dues maneres (Figura 6.40):



Figura 6.40. Maneres de realitzar una ranura.

En el primer cas (a), l'eina penetra la profunditat de passada i llavors treballa com un cilindrada, fins a mecanitzar tota l'amplada de la ranura. Un cop acabada una passada es torna a aprofundir l'eina una mica més, i així successivament fins a tenir les dimensions desitjades.

En canvi, en el segon cas (b) l'eina entra fins la profunditat final desitjada amb la velocitat d'avanç, llavors l'eina es retira i es desplaça seguint l'eix de la peça per tornar a penetrar, fins a mecanitzar tota la longitud necessària.

El PAPOM es programarà amb la primera metodologia, i a continuació s'exposaran les equacions utilitzades:

Per determinar el temps de tall (t_c), s'utilitzarà la següent fórmula (Eq. 12):

$$t_c = \underbrace{\frac{(L - A + P) \cdot N^\circ \text{ Passades_desbast}}{a_d \cdot N_d}}_{\text{desbast}} + \underbrace{\frac{L - A + P}{a_a \cdot N_a}}_{\text{acabat}} \quad \text{Eq. 12}$$

On:

L : longitud de la ranura [mm] N : velocitat de gir de la peça [rpm]

A : amplada de l'eina [mm] a : avanç de l'eina [mm/rev]

P : profunditat de la ranura [mm]

Per calcular el nombre de passades de desbast, s'utilitzarà l'Eq. 13:

$$N^\circ \text{ passades_desbast} = \frac{(D_{\text{inicial}} - D_{\text{final}}) / 2 - \text{Passada_d'acabat}}{\text{Passada_de_desbast}} \quad \text{Eq. 13}$$

i es prendrà el valor enter per excés.

El valor real de cadascuna de les passades de desbast serà (Eq. 14):

$$P_{\text{desbast}} = \frac{(D_{\text{inicial}} - D_{\text{final}}) / 2 - \text{Passada_d'acabat}}{N^\circ \text{ passades_de_desbast}} \quad \text{Eq. 14}$$

El temps improductiu total serà el següent (Eq. 15):

$$t_{i_TOTAL} = \frac{D_{\text{inicial}} - D_{\text{final}}}{2 \cdot V_{\text{retrocés}}} \cdot (N^\circ \text{ Passades_desbast} + 1) \quad \text{Eq. 15}$$

On:

$V_{\text{retrocés}}$: velocitat de retrocés [m/min]

D : diàmetre de la peça [mm]

De les equacions s'extreu que s'haurà de crear un paràmetre nou, l'amplada de l'eina. El resultat de la nova pantalla pel ranuratge amb torn és el següent (Figura 6.41)

Operacions amb torn

RANURAT

Descripció brut

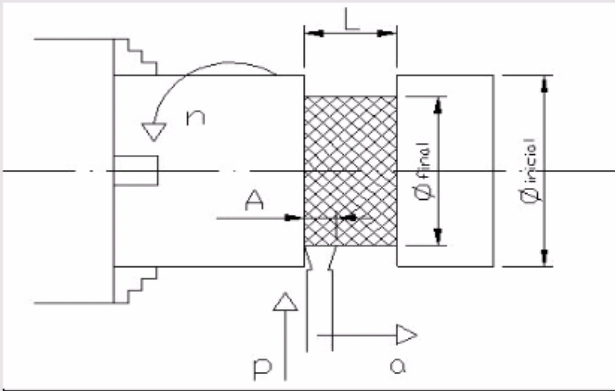
Es pot obtenir el volum de partida per Tall per doll d'aigua de PVC
DIÀMETRE = 30mm

Descripció mides finals

$\varnothing = 30$ gruix = 71

Descripció operació

Refrentatge



DADES DE LA OPERACIÓ				
Diàmetre inicial (brut) mm		Diàmetre final mm		
Velocitat lineal de tall (desbast) Vc m/min	1	Velocitat de gir (desbast) N rpm		0
Velocitat lineal de tall (acabat) Vc m/min	1	Velocitat de gir (acabat) N rpm		0
L. a mecanitzar L mm		Taxa horària €/h		15
Velocitat retroces mm/min	250	Cost adquisició eina €		8,64
Temps preparació op. min	2	cost afilat eina €		0
Amplada Eina A mm		Temps canvi eina min		5


parametre vida util eina
 a11 1,04 k11 4280 p11 0,407 n11 0,329


TEMPS I COSTS


	Passada (mm)	Avanç (mm/rev)	Temps (min)	Cost (€)
<input type="checkbox"/> primeres passades				
Avantpenúltima passada				
Penúltima passada				
Passada d'acabat				
Preparació				
Tall				
Improductiu				
Canvi d'eina				
Total				

Càlcul optimitzat

Càlcul sense optimització


Manual Usuari


ENVIAR DADES A OPERACIONS


TORNAR ENRERE

Start
4 PAPOM
incidencie...

Figura 6.41. Nova pantalla de ranuratge amb torn.

Tronçat

Es tracta de tallar una peça cilíndrica amb el moviment transversal de l'eina mentre la peça gira (*Figura 6.42*).

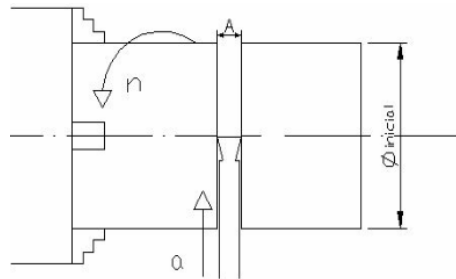


Figura 6.42 Esquema de la operació de tronçat.

Es pot assimilar al refrentatge, però amb certes diferències:

- L'eina utilitzada serà diferent.
- La longitud de mecanitzat sempre serà igual al radi del punt de la peça on es fa la operació.
- La operació es realitza en una sola passada, per tan no es necessita diferenciar entre les condicions de desbast i d'acabat.
- El diàmetre final de la peça serà igual a 0.

El temps de tall es calcula de la següent manera (*Eq. 16*):

$$t_c = \frac{D_{inicial}}{2 \cdot a \cdot N}$$

Eq. 16

On:

a : avanç de l'eina [mm/rev]

$D_{inicial}$: diàmetre inicial de la peça [mm]

N : velocitat de gir de la peça [rpm]

El temps improductiu es troba amb l' :

$$t_i = \frac{D_{inicial}}{2 \cdot V_{retrocés} \cdot 1000}$$

Eq. 17

On:

$V_{retrocés}$: velocitat de retrocés de l'eina [m/min]

$D_{inicial}$: diàmetre inicial de la peça [mm]

El resultat final és el següent (Figura 6.43):

Operacions amb torn

TRONÇAT

Descripció brut

Descripció mides finals

Descripció operació

DADES DE LA OPERACIÓ					
Diàmetre inicial (brut)	mm		Diàmetre final	mm	0
Velocitat lineal de tall	Vc m/min	1	Velocitat de gir	N rpm	
Avanç	a mm/rev	1	Taxa horària	€/h	0,15
L. a mecanitzar	L mm		Cost adquisició eina	€	5
Velocitat retrocés	m/min	850	cost afilat eina	€	0
Temps preparació op.	min	2	Temps canvi eina	min	1
Amplada eina	A mm				

parametre vida util eina					
a11	1,04	k11	4280	p11	0,407
n11	0,329				

TEMPS I COSTS

	Passada (mm)	Avanç (mm/rev)	Temps (min)	Cost (€)
<input type="checkbox"/> primeres passades				
Avantpenúltima passada				
Penúltima passada				
Passada d'acabat				
Preparació				
Tall				
Improductiu				
Canvi d'eina				
Total				

Càlcul optimitzat

Càlcul sense optimització

Manual Usuari

ENVIAR DADES A OPERACIONS

TORNAR ENRERE

Figura 6.43. Nova pantalla per la operació de tronçat.

6.2.3 Operacions del grup 3:

Les operacions d'aquest grup es realitzen en diverses màquines, a la fresa, al trepant i al torn. Com es mostra en l'esquema (*Figura 6.37*), es tenen 2 operacions base que ja existien en l'anterior versió del PAPOM (veure *Taula 4*). S'ha aprofitat part del codi i de la seva interfície gràfica per obtenir les 7 operacions del grup 3.

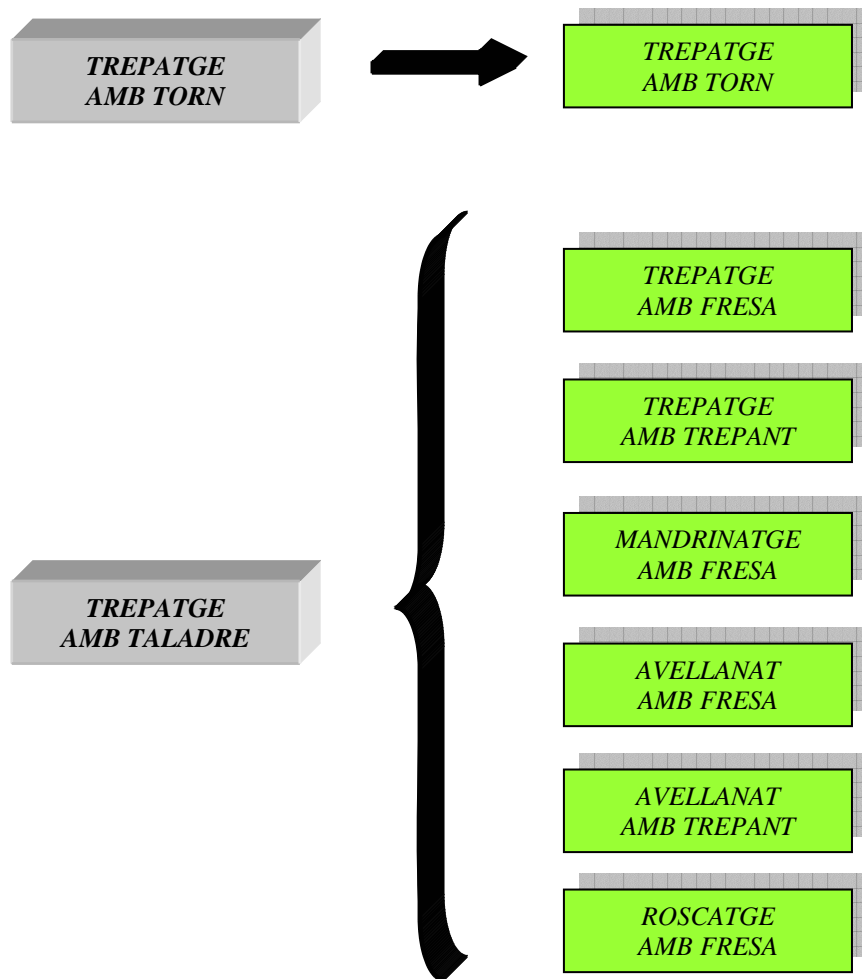


Figura 6.44. Esquema de les operacions del grup 3.

El que es farà a continuació és explicar les millores realitzades de forma general, és a dir, les que afecten a totes les operacions d'aquest grup. Per fer-ho es pren com a pauta les pantalles que hi havia inicialment (*Figura 6.45* i *Figura 6.46*), i s'explicaran tots els canvis que s'han realitzat per millorar les prestacions del programa. Els canvis es mostren amb les marques vermelles i amb la numeració conjunta per les dues operacions, ja que els errors detectats eren comuns en les dues operacions.

Trepatge

Descripció brut: Es pot partir d'un QUADRAT CALIBRAT de P (Acer) amb les següents característiques:
 $\Gamma_{\text{NST}} \Delta T = 60/\text{mm}$

Descripció mides finals: 60 x 60 x 45

Descripció operació: kjhkg

DADES DE LA OPERACIÓ

Longitud de tall [L] (mm)	1	Nombre de revolucions [n] (rpm)	596,8297
Velocitat de tall [Vc] (mm/min)	15	Passada (mm)	4
Avanç (mm/rev)	0,001	Temps preparació trepatge (min)	3
Velocitat retroces (m/min)	250	Taxa horària [P0] (€/min)	566666666666

DADES DE LA BROCA

Diàmetre broca (mm)	8
Arestes de tall broca	2
Cost adquisició (€)	8
Cost afilat (€)	0
Temps canvi eina (min)	0.666666

Paràmetre vida útil broca

a11	0,6	k11	175
p11	0,25	n11	0,3

$L = f + x$
 $x = D/2 \cdot \cot g e/2$

TEMPS I COSTS

	Temps (min)	Cost (€)
Preparació		
Tall		
Improductiu		
Canvi d'eina		
Total		

calcular

Manual Usuari
 ENVIAR DADES A OPERACIONS
 Pantalla OPERACIONS

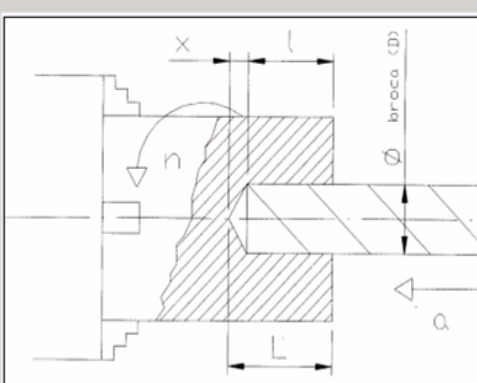


Figura 6.45. Antiga pantalla del trepatge amb torn.

Trepatge

Descripció brut: Es pot partir d'un QUADRAT CALIBRAT de P (Acer) amb les següents característiques:
 $\Gamma_{\text{NST}} \Delta T = 60/\text{mm}$

Descripció mides finals: 60 x 60 x 45

Descripció operació: Planejat de la cara superior de 3mm.

Nombre de foradaments amb les característiques de sota: 5

DADES DE LA OPERACIÓ

Longitud de tall [L] (mm)	1	Nombre de revolucions [n] (rpm)	1856,803
Velocitat de tall [Vc] (mm/min)	70	Passada (mm)	Infinito
Avanç (mm/rev)	1,5	Temps preparació trepatge (min)	3
Velocitat retroces (m/min)	250	Taxa horària [P0] (€/min)	0,2

DADES DE LA BROCA

Diàmetre broca (mm)	12
Arestes de tall broca	0
Cost adquisició (€)	18,81
Cost afilat (€)	10
Temps canvi eina (min)	4

Paràmetre vida útil broca

a11	-0,6	k11	505
p11	-0,38	n11	0,23

$L = f + x$
 $x = D/2 \cdot \cot g e/2$

TEMPS I COSTS

	Temps (min)	Cost (€)
Preparació		
Tall		
Improductiu		
Canvi d'eina		
Total		

calcular

Manual Usuari
 ENVIAR DADES A OPERACIONS
 Pantalla OPERACIONS

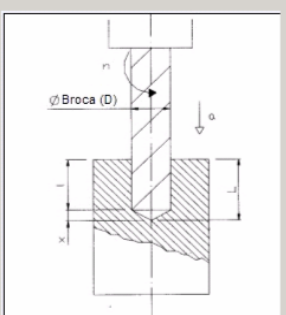


Figura 6.46. Antiga pantalla del trepatge amb taladre.

1. La operació que s'estava realitzant era poc visible, cal donar més importància al títol.

2. Anteriorment es demanava la longitud total del forat 'L', que és la longitud del forat desitjat 'l' més la longitud de la punta de la broca 'x'. Això obligava a fer el càlcul següent (Eq. 18):

$$L = l + x \quad \text{Eq. 18}$$

On:

l: profunditat del forat amb el diàmetre desitjat [mm]

x: increment de profunditat causat per la punta de la broca [mm]

$$x = \frac{D}{2} \cdot \cot\left(\frac{e}{2}\right) \quad \text{Eq. 19}$$

On:

D: diàmetre de la broca [mm]

e: angle de la punta de la broca [°]

Com que es tracta de facilitar al màxim la utilització del programa, ara es demana introduir la longitud 'l', que és la que consta als plànols, i el paràmetre 'L' el calcula el programa interiorment.

3. La taxa horària estava en unitats de €/min, però les empreses no treballen amb aquesta unitat, així que s'han de posar tots els paràmetres en les unitats que estan acostumades a treballar. Així doncs, la taxa horària s'entrarà en €/h.

4. El diàmetre de la broca no podia ser un valor decimal, però existeixen broques amb mides més precises que 1 mil·límetre. Cal canviar el tipus de variable associada al diàmetre de la broca.

5. Abans, en cada operació es permetia entrar el temps de canvi d'eina i es sumava al temps de preparació de la operació. Quan es va programar això, es va pensar que cada

cop que es realitza un canvi d'operació i/o d'eina l'operari ha d'anar a la màquina, obrir-la i canviar l'eina, però això només succeeix en màquines manuals.

El problema és que tal i com estava fins ara, el temps de canvi d'eina que s'introduïa en aquest camp es sumava directament sobre el temps de preparació i a més a més es ponderava per atribuir, de forma proporcional a la vida de l'eina, segons l'Eq. 1. Aquest tractament era incorrecte, ja que es barrejaven dos tipologies de temps diferents.

La solució ha estat que el temps de canvi d'eina sigui un paràmetre propi de l'eina, que s'introdueix quan aquesta es dona d'alta. Així el camp "Temps de canvi d'eina" serà només informatiu, sense poder canviar-ne el valor, i no es sumarà al temps de preparació, sinó que anirà directament al càlcul de l'Eq. 1. En el cas que la operació requereixi canviar l'eina de forma manual, aquest temps caldrà omplir-lo en el camp "Temps de preparació de la operació".

6. S'ha substituït el botó que deia "Calcular" per un que diu "Calcular sense optimitzar" per poder distingir entre el càlcul dels 2 algorismes. De moment, aquesta operació només es calcula amb l'algorisme simplificat, però ja es fa la distinció per quan s'implementi l'altre algorisme en un futur.

A continuació s'exposen els resultats específics d'implementar cadascuna de les 7 operacions d'aquest grup:

Trepatge amb torn:

Es tracta de realitzar un forat coaxial amb l'eix de rotació de la peça. Es necessita muntar una broca al contrapunt del torn, que serà el que es desplaçarà longitudinalment, i serà la peça la que portarà la velocitat de rotació.

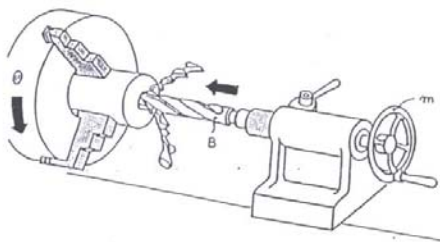


Figura 6.47. Operació de trepatge amb torn (Font: Calvet, 1991)

Al principi, el trepatge amb torn utilitzava la interfície que es mostra a la *Figura 6.45*. Les marques vermelles són elements sobre els quals s'han fet millores, reflectides a la *Figura 6.48*:

TREPATGE

Descripció brut

Descripció mides finals

Descripció operació

Paràmetre vida útil broca

a11	-0,3973	k11	78,77
p11	-0,22	n11	0,51

DADES DE LA BROCA

Diàmetre broca (mm)	
Arestes de tall broca	
Cost adquisició (€)	
Cost afilat (€)	
Temps canvi eina (min)	

DADES DE LA OPERACIÓ

Profunditat del forat (l) (mm)		Nombre de revolucions (n) (rpm)	
Velocitat de tall (Vc) (m/min)		Passada (mm)	
Avanç (mm/rev)		Temps preparació trepatge (min)	
Velocitat retroces (m/min)		Taxa horària [P0] (€/h)	

TEMPS I COSTS

	Temps (min)	Cost (€)
Preparació		
Tall		
Improductiu		
Canvi d'eina		
Total		

Manual Usuari

ENVIAR DADES A OPERACIONS

TORNAR ENRERE

Calcular sense optimitzar

Figura 6.48. Nova pantalla de trepatge amb torn.

1. Cal adaptar la imatge de la operació a la del trepatge amb torn.

Trepatge amb fresa i trepatge amb taladre:

Es mecanitza un forat de diàmetre igual al de la broca utilitzada, i amb una profunditat limitatda també per la geometria d'aquesta (*Figura 6.49*). La diferència entre les dues operacions està en la màquina que les realitza.

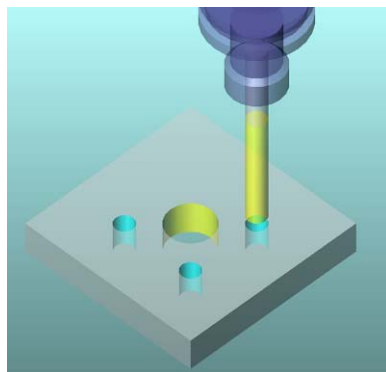


Figura 6.49. Operació de trepatge

Per aquestes dues operacions les modificacions han estat les mateixes, de manera que comparteixen una única pantalla de càlcul. Per això s'exposen els resultats de forma conjunta (Figura 6.50). Tots els camps senyalats en vermell han estat modificats respecte la versió inicial del programa.

TREPATGE

Descripció brut
Es pot partir d'un QUADRAT CALIBRAT de P (Acer) amb les següents característiques:
COSTAT= 50mm.

Descripció mides finals
50 x 145 x 50

Descripció operació

Paràmetre vida útil broca

a11	-0,3973	k11	78,77
p11	-0,22	n11	0,51

DADES DE LA BROCA

Diàmetre broca (mm)	7
Àreres de tall broca	20
Cost adquisició (€)	8,28
Cost afilat (€)	5
Temps canvi eina (min)	4

DADES DE LA OPERACIÓ

Profunditat del forat [l] (mm)	0	Nombre de revolucions [n] (rpm)	3637,819
Velocitat de tall [Vc] (mm/min)	80	Passada (mm)	0,35
Avanç (mm/rev)	1,5	Temps preparació trepatge (min)	3
Velocitat retroces (m/min)	250	Taxa horària [P0] (€/h)	12
Nombre de forats amb les mateixes característiques:		6	

TEMPS I COSTS

	Temps (min)	Cost (€)
Preparació		
Tall		
Improductiu		
Canvi d'eina		
Total		

Manual Usuari

ENVIAR DADES A OPERACIONS

TORNAR ENRERE

Calcular sense optimitzar

Figura 6.50. Nova pantalla de trepatge amb fresa i trepatge amb taladre.

Mandrinatge amb fresa

Es tracta d'engrandir un forat previ fins obtenir unes mides amb una tolerància determinada, amb l'ajuda d'un mandrí (*Figura 6.51*). Aquest es col·loca al capçal i serà el que portarà la velocitat de rotació.

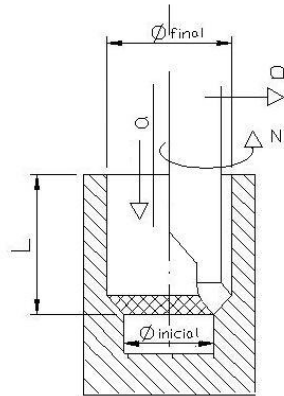


Figura 6.51. Operació de mandrinatge.

La implementació es mostra tot seguit (*Figura 6.52*):

Trepatge

Mandrintatge amb fresa

Descripció brut
Es pot partir d'un QUADRAT CALIBRAT de P (Acer) amb les següents característiques:
COSTAT = 60mm.

Descripció mides finals
60 x 60 x 45

Descripció operació

Paràmetre vida útil broca

s11	-0,6	k11	505
p11	-0,38	n11	0,23

DADES DE LA BROCA

Diàmetre final (mm)	18
Diàmetre inicial (mm)	10
Cost adquisició (€)	24,54
Cost afilat (€)	0
Temps canvi eina (min)	4

DADES DE LA OPERACIÓ

Profunditat del forat (l) (mm)	0	Nombre de revolucions (n) (rpm)	795,7728
Velocitat de tall (Vc) (m/min)	45	Passada (mm)	1,8
Avanç (mm/rev)	1,5	Temps preparació trepatge (min)	1,2
Velocitat retroces (m/min)	250	Taxa horària (FO) (€/h)	1,2

Nombre de forats amb les mateixes característiques: 6

TEMPS I COSTS

	Temps (min)	Cost (€)
Preparació		
Tall		
Improductiu		
Canvi d'eina		
Total		

Calcular sense optimitzar

Manual Usuari

ENVIAR DADES A OPERACIONS

TORNAR ENRERE

Figura 6.52. Nova pantalla pel mandrinatge amb fresa

1. Cal adaptar la imatge de la operació per tenir clar quins paràmetres es demanen.
2. A diferència de les altres operacions d'aquest grup, el mandrí no disposa d'un diàmetre característic, i la manera de saber el gruix a mecanitzar serà restant els diàmetres inicial i final.

Avellanat amb fresa i avellanat amb taladre

Es tracta d'expandir el tram inicial d'un forat ja realitzat per mecanitzar una cavitat per allotjar la cabota dels cargols, de manera que aquests no sobresurtin de la peça (Figura 6.52).

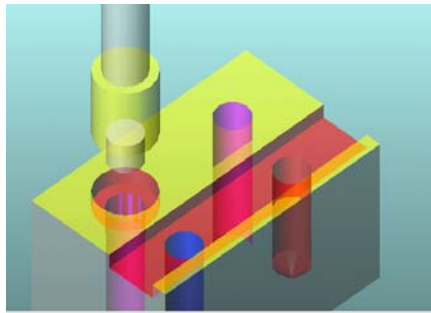


Figura 6.53. Operació d'avellanat

Aquesta operació es realitza tan en freses com en taladradores, es per això que es presenta el resultat de la implementació en una única pantalla (Figura 6.54).

Trepatge

AVELLANAT

1

2

3

Descripció brut

Es pot partir d'un QUADRAT CALIBRAT de P (Acer) amb les següents característiques:
COSTAT = 60mm.

Descripció mides finals

60 x 60 x 45

Descripció operació

Paràmetre vida útil broca

a11	-0,6	k11	505
p11	-0,38	n11	0,23

DADES DE LA BROCA

Diàmetre cabota (mm)	18
Rosques mètriques M	10
Cost adquisició (€)	24,64
Cost afilant (€)	0
Temps canvi eina (min)	4

DADES DE LA OPERACIÓ

Profunditat del forat [l] (mm)	0	Nombre de revolucions [n] (rpm)	795,7728
Velocitat de tall [Vc] (m/min)	45	Passada (mm)	1,8
Avanç (mm/rev)	1,5	Temps preparació trepatge (min)	3
Velocitat retroces (m/min)	250	Taxa horària [P0] (€/h)	12
Nombre de forats amb les mateixes característiques:		6	

TEMPS I COSTS

	Temps (min)	Cost (€)
Preparació		
Tall		
Improductiu		
Canvi d'eina		
Total		

Manual Usuari

ENVIAR DADES A OPERACIONS

TORNAR ENRERE

Calcular sense optimitzar

Figura 6.54. Nova pantalla per l'avellanat amb fresa i taladre

1. Cal adaptar la imatge de la operació per poder interpretar els paràmetres que es demanen.

2. Com que quan es dona d'alta un avellanador es demanen els dos diàmetres (el de cabota i el de guiatge), és necessari que el que s'utilitzi pel càlcul sigui el de cabota, ja que serà el que realment realitzarà el mecanitzat.

3. Es mostra la normalització de l'eina perquè és interessant saber la mètrica de l'eina que s'està utilitzant, ja que permetrà al planificador saber per quin tipus de cargols serveix aquest avellanador.

Roscatge amb fresa

Es col·loca un mascle de roscar al capçal de la fresa, de manera que quan l'eina mecanitzi crearà els filets de la rosca amb el diàmetre i el pas del mascle (*Figura 6.55*).



Figura 6.55. Operació de roscatge amb fresa

La nova pantalla es mostra a continuació (*Figura 6.56*):

Trepatge

ROSCATGE AMB FRESA

Descripció brut
Es pot partir d'un QUADRAT CALIBRAT de P (Acer) amb les següents característiques:
COSTAT = 60mm.

Descripció mides finals
60 x 60 x 45

Descripció operació

Paràmetre vida útil broca

a11	1,04	k11	151,44
p11	0,407	n11	0,329

DADES DE LA BROCA

Rosques mètriques M	12
Pas de rosca (mm)	2
Cost adquisició (€)	35,04
Cost afilat (€)	0
Temps canvi eina (min)	4

DADES DE LA OPERACIÓ

Profunditat de rosca [l] (mm)	0	Nombre de revolucions [n] (rpm)	106,1031
Velocitat de tall [Vc] (m/min)	4	Passada (mm)	6
Avanç (mm/rev)	2	Temps preparació trepatge (min)	3
Velocitat retroces (m/min)	250	Taxa horària [P0] (€/h)	12
Nombre de forats amb les mateixes característiques:		6	

TEMPS I COSTS

	Temps (min)	Cost (€)
Preparació		
Tall		
Improductiu		
Canvi d'eina		
Total		

[Manual Usuari](#)

[ENVIAR DADES A OPERACIONS](#)

[TORNAR ENRERE](#)

Calcular sense optimitzar

Figura 6.56. Nova pantalla pel roscatge amb fresa

1. Cal adaptar la imatge de la operació per poder interpretar els paràmetres que es demanen.

2. El diàmetre de la broca es substitueix per la mètrica de la rosca. L'algorisme utilitza aquest valor com a diàmetre fictici per calcular la velocitat de gir de la peça, ja que el mètric correspon amb el diàmetre exterior del mascle.

3. Al tractar-se d'una rosca, es necessita saber quin és el pas de rosca per poder imposar l'avanç.

4. L'avanç no es pot triar, prendrà el mateix valor en *mm/rev* que el pas de rosca.

5. La velocitat de retrocés és fixe, ja que l'eina haurà de recular a la mateixa velocitat que ha penetrat per no trencar els fils de la rosca. Així doncs s'obté l'Eq. 20:

$$V_{retroces} = V_{avanç} = a \cdot N$$

Eq. 20

On:

V_{avanç}: velocitat d'avanç [*mm/min*] *N*: velocitat de gir de l'eina [*rpm*]

a: avanç [*mm/rev*]

6.2.4 Operacions del grup 4:

Totes les operacions d'aquest grup es realitzen a la fresa i parteixen de la base de la operació de fresatge frontal que ja hi havia implementada (*Taula 4*). S'ha aprofitat part del codi i de la seva interfície gràfica. En la *Figura 6.57* es pot veure quines operacions s'han implementat a partir d'aquesta.

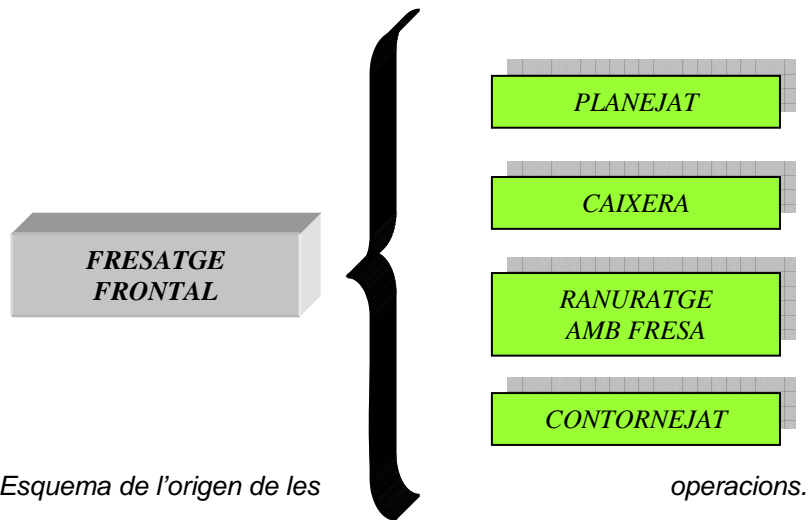


Figura 6.57. Esquema de l'origen de les

operacions.

Primer de tot s'exposaran les millores realitzades de forma general, és a dir, les que afecten a totes les operacions d'aquest grup que hi ha al PAPOM. Per fer-ho, es pren com a pauta la pantalla que hi havia inicialment del fresatge frontal (*Figura 6.58*) i s'explicaran tots els canvis que s'han realitzat.

Fresat 6

DADES DE LA PEÇA A FABRICAR (Material utilitzat)

Duresa material BHN	180	Rug. superficial Ra micres	0,8	Força de tall Cp N/mm ²	180
Mòdul de Young E kg/mm ²	21000	Longitud en X Lx mm		Longitud en Y Ly mm	
Long z secció central Lz mm		Longitud en X prisma recte negatiu Lx mm		Lx prisma recte negatiu mm	
Gruix a mec. en X any mm		Gruix a mec. en Y any mm		Gruix a mec. en Z any mm	
Fletxa màxima en la direcció Y durant les passades d'acabat. (mm)				0,016	
Fletxa màxima en la direcció Y durant les passades de desbast. (mm)				0,1	
Fletxa màxima en la direcció Z durant les passades d'acabat. (mm)				0,016	
Fletxa màxima en la direcció Z durant les passades de desbast. (mm)				0,1	

DADES DE LA FRESA 7

Diàmetre de l'eina Ø mm	12	Nombre de dents z	2	Fresa helicoidal
Longitud màxima de treball=Amplada aresta de tall [A] (mm)	26	Fresa recte		

DADES DE L'OPERACIÓ

Tipus de planejat	Tangencial	Pla on es dona l'operació	PLA (XY, XZ, YZ)	XY	Direcció de l'avanc	M0V (X, Y, Z)	X
FEATURE GEOMETRIC	FGP	FGP	FEATURE DIMENSIONAL	FDL	FDP		

TEMPS I COSTS

Passades longitudinals num Passada passades (mm)

primera passada

Altres passades

Marge de Seguretat

Passades en profunditat Passada (mm) Avanç (mm/rev)

primers passades

Avantpenúltima passada

Penúltima passada

Passada d'acabat

Calcular

Preparació

Tall

Improductiu

Canvi d'eina

Total

Temps (min)

Cost (€)

Brut inicial de partida

Es pot partir d'un QUADRAT CALIBRAT de P (Acer) amb les següents característiques:

Descripció mides 60 x 60 x 45

Descripció operació Planejat de la cara superior de 3mm.

DADES DE LA OPERACIÓ 5

Temps canvi eina (min)	4	Velocitat de tall [Vc] (m/min)	70	N (rpm)	1856,80
Temps preparació operació (min)	2	Taxa horària (P0) (€/min)	0,2		
Temps improductiu 1 passada (min)	0,05	Velocitat transversal (m/min)	300		

DADES DE LA FRESA

Sobreposició eina entre passades (%)	10	Fils de tall (nombre dents)	2	Amplada aresta de tall [A] (mm)	26
Cost adquisició (€)	18,81	Cost afilant (€)	10	Cost eina (Cadq+Catilant) (€)	28,81

Paràmetres vida útil de l'eina

a11	-0,6	k1	505
p11	-0,38	n11	0,23

y (costal curt base)

x (costal llarg base)

VISTA EN PLANTA

VISTA EN PERFIL

RESTRICCIONS TÈCNiques

TECNOLÒGQUES	PEÇA	MATERIAL	MAQUINA	EINA	USUARI
atmax	asmax	ahmax	avmax	akmax	aumax
atmin	asmin	ahmin	avmin	akmin	aummin
ftmax	fsmax	fhmax	fvmax	fkmax	fumax
ftmin	fsmin	fhmin	fvmin	fkmin	fumin

Figura 6.58. Pantalla inicial del fresatge frontal

1. El primer que s'aprecia en aquesta pantalla de càlcul és que es tracta d'una interfície extremadament densa, donat que el fressat es de les operacions d'arranc de ferritxa amb més càrrega tecnològica, que fa que l'usuari no vegi amb claredat els paràmetres que ha d'entrar.

Aprofitant que s'ha dissenyat un segon algorisme més simplificat, s'eliminaran de la pantalla principal tots els paràmetres que siguin necessaris per utilitzar l'algorisme de *Halevi*, ja que són una quantitat important de camps a emplenar. D'aquesta manera la pantalla quedarà molt més clara i resultarà més fàcil treballar-hi.

El que s'ha fet és crear dos botons per executar els diferents algorismes, en funció del que vulgui fer l'usuari.

Si es decideix realitzar l'algorisme de *Halevi* per intentar trobar les condicions de tall que permetin obtenir un acabat superficial concret, caldrà prémer el botó "Càlcul optimitzat", com es mostra en totes les figures de les pantalles de cada operació, al llarg d'aquest capítol. A continuació es desplegarà una segona pantalla (*Figura 6.59*) on s'hauran d'entrar tots els paràmetres específics per poder realitzar els càlculs. Així s'aconsegueix no confondre ni carregar excessivament als usuaris que no vulguin utilitzar-lo amb la pantalla tan densa que hi havia inicialment, ja que s'han eliminat tots els camps específics per utilitzar aquest algorisme. Quan es prem el botó 'acceptar i calcular' el programa dóna els resultats a la pantalla principal.

DADES DE LA PEÇA A FABRICAR (Material utilitzat)

Duresa material	BHN	100	Rug. superficial	Ra micres	0,8	Força de tall	Cp N/mm ²	180
Mòdul de Young	E kN/mm ²	21000	Longitud en X	Lx mm		Longitud en Y	Ly mm	
Long z secció central	Lz mm		Longitud en X prisma recte negatiu	Lx prisma rect. negatiu mm				

DADES DE FLETXA

Fletxa màxima en la direcció Y durant les passades d'acabat. (mm)	0,016
Fletxa màxima en la direcció Y durant les passades de desbast. (mm)	0,1
Fletxa màxima en la direcció Z durant les passades d'acabat. (mm)	0,016
Fletxa màxima en la direcció Z durant les passades de desbast. (mm)	0,1

DADES DE LA FRESA

Diàmetre de feina	D mm	12	Nombre de dents	z	2	<input checked="" type="radio"/> Fresa helicoidal
Longitud màxima de treball=Amplada arestada tall [A] (mm)		26				<input type="radio"/> Fresa recte

DADES DE L'OPERACIÓ

Tipus de planejat	<input checked="" type="radio"/> Tangencial	<input type="radio"/> Frontal	Pla on es dona l'operació	PLA(X,Y, XZ, YZ)	XY	Direcció de l'avanç	MOV (X, Y, Z)	X
FEATURE GEOMETRIC	<input type="radio"/> FQR	<input type="radio"/> FQP	FEATURE DIMENSIONAL	<input type="radio"/> FDL	<input type="radio"/> FDP			

RESTRICCIONS TÈCNIQUES

TECNOLÒGQUES	MÀQUINA	EINA	ALTRES
abmax	avmax	7	akmax
atmin	avmin	0,2	akmin
ftmax			fimax
ftmin	fvmin	0,04	fumin

Acceptar i calcular Cancel·lar

Figura 6.59. Pantalla específica d'introducció dels paràmetres de l'algorisme de Halevi.

Si la decisió és realitzar el càlcul més senzill, caldrà que es cliqui un botó on diu "Càlcul sense optimitzar". En aquest cas només apareixerà una petita pantalla com la de la *Figura 6.60*, que permetrà regular les velocitats d'avanç i el gruix de les passades de

mecanitzat. Quan es prem el botó “Acceptar i calcular” el programa dona els resultats a la pantalla principal.

The screenshot shows a window titled "Càlcul simplificat" with a table titled "DADES DE LA OPERACIÓ". The table contains the following data:

DADES DE LA OPERACIÓ			
Gruix a mecanitzar			mm 10
Vel. Avanç mínim	mm/min	1	Vel. Avanç Màxim mm/min 40000
Vel. Avanç mínim absolut		1	Vel. Avanç màxim absolut 40000
Avanç d'acabat*	mm/min		Avanç de desbat* mm/min
Longitud útil de tall			mm 26
Passada de desbast	mm		Passada d'acabat mm

* És recomana no utilitzar els valors absoluts perquè es limitaran el número de màquines que poden realitzar aquesta tasca

Buttons: "Acceptar i calcular", "Cancel·lar"

Figura 6.60. Pantalla específica d'introducció dels paràmetres de l'algorisme simplificat.

Aquesta pantalla imposa unes restriccions en la passada màxima i en els avanços, perquè l'usuari no introdueixi valors que després no es podran assolir en la realitat.

Les restriccions de passada màxima venen donades per la longitud útil de tall que té l'eina amb la que es realitza la operació. Mai podrà fer una profunditat de passada més gran que la seva pròpia longitud de tall.

Pel que fa els avanços, els que anomena “absoluts” són l'avanç mínim i màxim de la màquina del centre de treball que té un rang més ampli. Com es pot llegir en l'anotació que hi ha al peu de la pantalla, no es recomana utilitzar aquests valors ja que quan el PAPOM intenti adjudicar la màquina que realitzarà aquesta operació n'hi haurà que potser no compliran aquestes restriccions i ja quedaran descartades per l'adjudicació de la tasca. (L'eina d'adjudicació automàtica de màquines encara no està operativa, però ja es prepara pensant en quan s'implementi).

D'altra banda, si s'introdueixen uns avanços dins del límit més restrictiu, hi ha la certesa que totes les màquines del centre de treball podran assolir aquestes condicions de tall.

Els avanços han d'estar en unitats de *mm/min*, perquè són les adequades per les operacions realitzades en fresa.

2. Inicialment hi havia 6 restriccions tècniques pels avanços i fletxes a l'hora de mecanitzar, però s'ha cregut convenient reduir-les a 4 per no introduir tantes variables al sistema. S'han eliminat les que fan referència a la pròpia peça i al material, ja que eren les que permetien controlar menys paràmetres. A més, aquest quadre també s'ha traslladat a la pantalla específica de l'algorisme de *Halevi* perquè només ho necessita aquest algorisme.

3. La taxa horària estava en unitats de €/min, però les empreses no treballen amb aquesta unitat, així que s'han de posar tots els paràmetres en les unitats que estan acostumades a treballar. Així doncs, la taxa horària s'entrarà en €/h.

4. Abans, en cada operació es permetia entrar el temps de canvi d'eina i el sumava al temps de preparació de la operació. Quan es va programar això es va tenir en compte que cada cop que es realitza un canvi d'operació que impliqui un canvi d'eina en màquines manuals l'operari ha d'anar a la màquina, obrir-la i canviar l'eina.

El problema és que tal i com estava fins ara, el temps de canvi d'eina que s'introduïa en aquest camp es sumava directament sobre el temps de preparació i a més a més es ponderava per atribuir, de forma proporcional a la vida de l'eina, segons l'Eq. 1. Aquest tractament era incorrecte, ja que es barregen dos tipologies de temps diferents.

La solució ha estat que el temps de canvi d'eina sigui un paràmetre propi de l'eina, que s'introdueix quan aquesta es dona d'alta. Així el camp "Temps de canvi d'eina" serà només informatiu, sense poder canviar-ne el valor, i no es sumarà al temps de preparació, sinó que anirà directament al càlcul de l'Eq. 1. En el cas que la operació requereixi canviar l'eina de forma manual, aquest temps caldrà tenir-lo en compte quan s'emplena el camp "Temps de preparació de la operació".

5. En la versió anterior, el programa no diferenciava entre velocitats de tall (V_c) en el desbast i en l'acabat, però generalment són diferents. Això provocava que com que es necessitaven introduir 2 velocitats diferents, una mateixa operació s'hagués d'introduir 2 vegades, diferenciant entre les passades de desbast i d'acabat.

En canvi, permetent introduir les dues velocitats de tall diferents, i tenint també en compte tant l'avanç com les passades de desbast i d'acabat, es podrà donar d'alta una operació amb les 2 condicions diferents.

6. S'ha donat més rellevància als títols per veure clarament sobre quina operació s'està treballant.

7. En la pantalla inicial es podia triar si es tenia una eina de geometria helicoïdal o recte. Això era incorrecte, ja que quan s'està en aquest punt del programa l'eina ja s'ha triat i la geometria n'és una característica intrínseca, de manera que no s'ha de poder escollir, sinó que el programa ha de saber-ho triar per si sol. Per això apareix el camp de color gris en la *Figura 6.59*, que significa que no es podrà modificar.

Per detectar automàticament quina de les 2 opcions ha de marcar el programa, cal afegir el camp de "geometria" quan es dóna d'alta l'eina. Així es podrà enviar directament aquesta dada al camp corresponent de la nova pantalla de l'algorisme de *Halevi*, on passarà a ser només un camp informatiu. La solució es mostra a la *Figura 6.75* del l'apartat "Milliores en el subsistema de gestió del taller".

8. L 'avanç es mesura en *mm/min* en les operacions de fresa, per això s'ha decidit canviar les unitats dels resultats que es mostraven en la pantalla de sortida, ja que estaven expressats en *mm/rev*. A més, en la pantalla de l'algorisme simplificat (*Figura 6.60*) també es tindrà en compte que si s'està realitzant una operació d'aquest grup caldrà mostrar també els paràmetres d'avanç en *mm/min*.

9. Com ja s'ha comentat varies vegades, en la versió anterior del PAPOM el fresatge frontal i tangencial es consideraven operacions, però realment són maneres de realitzar els treballs en la fresa. Així doncs, en cadascuna de les 4 operacions del grup 4, es pot triar de quina manera es mecanitzarà la peça, de manera que el dibuix canviarà segons el que s'hagi triat.

A continuació s'exposen els resultats específics d'implementar cadascuna de les 4 operacions d'aquest grup:

Planejat:

Es busca obtenir la superfície plana de tot el brut inicial mitjançant la velocitat de gir de l'eina. El seu eix de rotació pot ser paral·lel a la superfície (fresatge tangencial) o perpendicular (fresatge frontal).

En la *Figura 6.61* s'ensenyà un possible planejat on la part ja mecanitzada (pintada de color vermell) és perfectament plana. El petit escaló que es veu és el gruix de la passada que està realitzant l'eina.

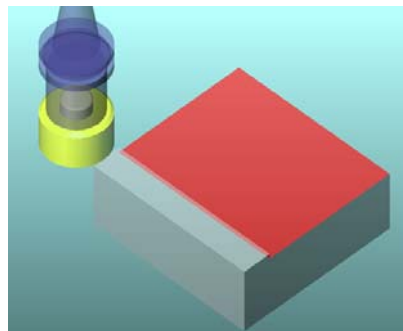


Figura 6.61. Il·lustració d'un planejat realitzat amb fresatge frontal

En la *Figura 6.62* es mostren els resultats de la nova pantalla per aquesta operació, tots els camps que estan senyalitzats en vermell significa que han variat respecte la pantalla base d'acord amb els canvis explicats anteriorment.

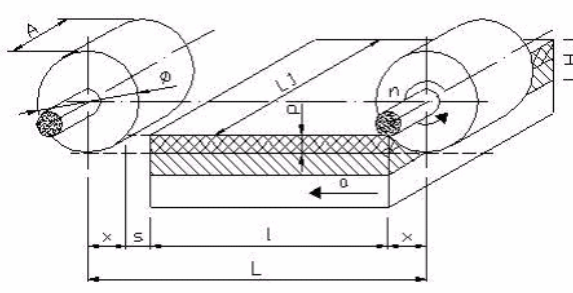
Operacions amb fresa

PLANEJAT

DEFINICIÓ DE LA OPERACIÓ

Tipus de fresat: ☒ Tangencial ☐ Frontal

Gruix a mec. en X: Gruix a mec. en Y: Gruix a mec. en Z:



Brut inicial de partida: Es pot partir d'un QUADRAT COMERCIAL de P (Acer) amb les següents característiques:

Descripció mides: 60 x 60 x 45

Descripció operació:

DADES DE LA OPERACIÓ

Temps canvi eina (min)	4
Temps preparació operació (min)	2
Temps improductiu 1 passada (min)	0,05
Velocitat de tall desbast [Vc] (m/min)	70
Velocitat de tall acabat [Vc] (m/min)	
Taxa horària (P0) (€/h)	12
Velocitat transversal (m/min)	300
N desbast (rpm)	1392,603
N acabat (rpm)	

DADES DE LA FRESA

Sobreposició eina entre passades (%)	10	Fils de tall (nombre dents)	3	Amplada aresta de tall [A] (mm)	32
Cost adquisició (€)	62,02	Cost afilant (€)	15	Cost eina (Cadq+Cafilet) (€)	77,02

Paràmetres vida útil de l'eina:

a11: -0,6 k1: 505 p11: -0,38 n11: 0,23

TEMPS I COSTS

Passades longitudinals		Passades en profunditat		Temps (min)		Cost (€)	
num	Passada passades (mm)	Passada (mm)	Vel. Avanç (mm/min)				
primera passada		primeres passades		Preparació			
Altres passades		Avantpenúltima passada		Tall			
Marge de Seguretat		Penúltima passada		Improductiu			
		Passada d'acabat		Canvi d'eina			
				Total			

Càlcul optimitzat **Càlcul sense optimització**

Manual usuari ENVIAR DADES A OPERACIONS TORNAR ENRERE

Start avis - Notepad PAPOM_V3 Programa Assistir a la Pl... Dades del full de ruta Introduir una tasca Operacions

Figura 6.62. Nova pantalla de la operació de "planejat".

Caixera:

Comunament també es denomina buidat. Es tracta de realitzar una cavitat en una de les cares de la peça mitjançant el moviment de rotació de l'eina. Segons la geometria de la caixa el seu càlcul es realitza d'una manera o d'una altra. En aquest treball se'n han contemplat 3 diferents. L'eix de rotació de l'eina pot ser paral·lel a la superfície (fresatge tangencial) o perpendicular (fresatge frontal).

En la següent imatge (Figura 6.63) es pot observar com l'eina està treballant en l'interior de la regió groga, on es veu el petit desnivell entre la superfície de la passada anterior i la de l'actual.

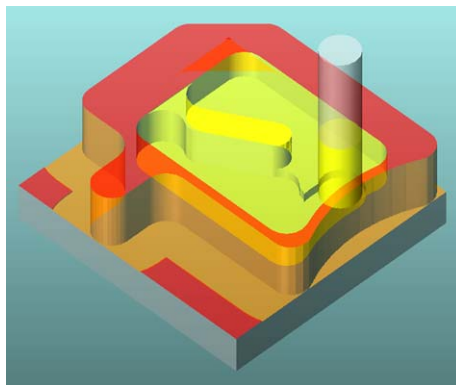


Figura 6.63. Exemple d'una caixa amb una geometria no estàndard.

En la Figura 6.64, es mostren els resultats de la implementació. Tots els camps que estan senyalitzats en vermell significa que han variat respecte la pantalla base, d'acord amb els canvis explicats anteriorment Els que a més estan numerats reflecteixen canvis específics per la caixa.

Operacions amb fresa

CAIXERA

DEFINICIÓ DE LA OPERACIÓ

Tipus de fresat: ☐ Tangencial ☒ Frontal

Tipus de caixa: ☐ Rectangular ☐ Circular ☒ Altres

DADES DE LA OPERACIÓ

Brut inicial de partida: Es pot partir d'un QUADRAT CALIBRAT de P (Acer) amb les següents característiques:

Descripció mides: 50 x 145 x 50

Descripció operació:

DADES DE LA OPERACIÓ

Temps canvi eina (min)	4
Temps preparació operació (min)	2
Taxa horària (P0) (€/h)	12
Temps improductiu i passada (min)	0,05
Velocitat transversal (m/min)	300
Velocitat de tall desbast [Vc] (m/min)	70
N desbast (rpm)	1392,603
Velocitat de tall acabat [Vc] (m/min)	
N acabat (rpm)	

DADES DE LA FRESA

Sobreposició eina entre passades (%)	10	Fils de tall (nombre dents)	3	Amplada aresta de tall [A] (mm)	32
Cost adquisició (€)	62,02	Cost afilant (€)	15	Cost eina (Cadq+Cafilet) (€)	77,02

Paràmetres vida útil de l'eina

a11: -0,6 k1: 505 p11: -0,38 n11: 0,23

TEMS I COSTS

Passades longitudinals

num	Passada (mm)
primera passada	
Altres passades	
Marge de Seguretat	

Passades en profunditat

Passada (mm)	Vel. Avanç (mm/min)
primeres passades	
Avantpenúltima passada	
Penúltima passada	
Passada d'acabat	

Temps (min)

Preparació	
Tall	
Improductiu	
Canvi d'eina	
Total	

Cost (€)

Preparació	
Tall	
Improductiu	
Canvi d'eina	
Total	

CÀLCUL OPTIMITZAT **CÀLCUL SENSE OPTIMITZACIÓ**

CIRCULAR

Diàmetre de la caixa (mm):

Profunditat de la caixa (mm):

RECTANGULAR

Profunditat de la caixa (mm):

Longitud del costat llarg (mm):

Longitud del costat curt (mm):

ALTRES

Profunditat de la caixa (mm):

Longitud a mecanitzar (mm):

Botons: Mandat usuari, ENVIAR DADES A OPERACIONS, TORNAR ENRERE

Barra d'estat: Start, avis - Notepad, PAPOM_V3, Programa Assist..., Dades del full d..., Introduir una ta..., Operacions a..., 19:43

Figura 6.64. Nova pantalla de la operació "Caixera"

1. Tot seguit s'explicarà com s'han associat els paràmetres de les 3 tipologies de caixeres que s'han implementat amb els camps de gruix a mecanitzar en X (GMX), gruix a mecanitzar en Y (GMY) i gruix a mecanitzar en Z (GMZ):

Caixera rectangular: Les dades per identificar el volum de mecanització es mostren a la *Figura 6.65* i les seves equivalències respecte els camps de “gruix a mecanitzar en X, Y i Z” són:

Profunditat de la caixera \equiv GMZ
 Longitud del costat llarg \equiv GMY
 Longitud del costat curt \equiv GMX

Figura 6.65. Quadre d'inserció de les dades de la caixera tipus rectangular.

Caixera circular: Es tracta d'una operació amb una trajectòria de mecanitzat diferent segons el control de la màquina. En aquest treball s'ha calculat el cas d'una trajectòria en forma d'espiral (*Figura 6.66*). Els càlculs estan detallats a l' *Annex A.2*.

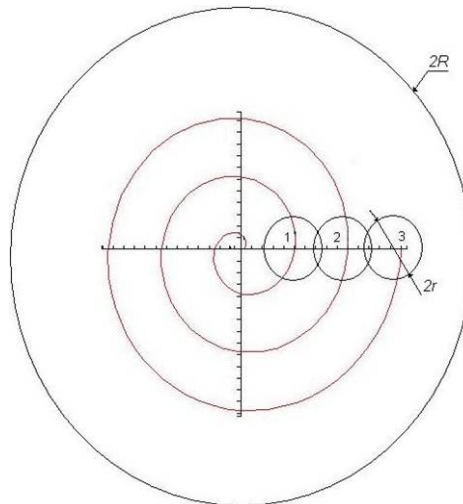


Figura 6.66. Esquema de modelització realitzada per una caixera circular.

El que s'ha fet és aproximar-ho a un planejat de llargada igual a la de l'espiral i gruix igual al diàmetre de l'eina, com si s'hagués desplegat en línia recta el desenvolupament de l'espiral. Les dades per identificar el volum de mecanització es mostren a la *Figura 6.67* i les seves equivalències respecte els camps de “gruix a mecanitzar en X, Y i Z” són:

Profunditat de la caixaera Ξ GMZ

Longitud de l'espiral Ξ GMY

Diàmetre de l'eina Ξ GMX

CIRCULAR	
Profunditat de la caixaera (mm)	<input type="text"/>
Diàmetre de la caixaera (mm)	<input type="text"/>

Figura 6.67. Quadre d'inserció de les dades de la caixaera tipus circular.

Cal que aparegui un missatge d'error si diàmetre de l'eina és superior al de la caixaera.

Altres: En aquest grup s'engloben totes les caixaeres que no es poden identificar en cap dels dos grups anteriors. Les dades per identificar el volum de mecanització es mostren a la *Figura 6.68* i les seves equivalències respecte els camps de "gruix a mecanitzar en X, Y i Z" són:

Profunditat de la caixaera Ξ GMZ

Longitud a mecanitzar Ξ GMY

Diàmetre de l'eina Ξ GMX

ALTRES	
Profunditat de la caixaera (mm)	<input type="text"/>
Longitud a mecanitzar (mm)	<input type="text"/>

Figura 6.68. Quadre d'inserció de les dades per altres tipus de caixaeres.

Contornejat:

A vegades també s'anomena fresatge circular. En aquest cas, l'eina ressegueix o repassa el perfil de la peça. Mitjançant el moviment de rotació de l'eina es va eliminant tot el material que queda exterior a la peça. L'eix de rotació de l'eina és paral·lel a la cara exterior de la peça (*Figura 6.69*).

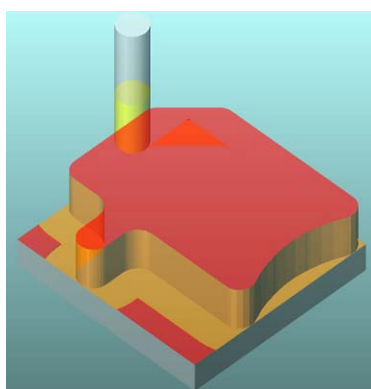


Figura 6.69. Operació de contornejat

A continuació (*Figura 6.70*) es mostren els resultats de la nova operació de contornejat. Tots els camps que estan senyalitzats en vermell significa que han variat

respecte la pantalla base, d'acord amb els canvis explicats anteriorment. Els que a més estan numerats reflecteixen canvis específics per aquesta operació

Operacions amb fresa

CONTORNEJAT

DEFINICIÓ DE LA OPERACIÓ

Tipus de fresat: ☒ Tangencial ☐ Frontal

Amplada contorn en X: Longitud contorn en Y: Profunditat contorn en Z:

DADES DE LA OPERACIÓ

Brut inicial de partida: Es pot partir d'un QUADRAT CALIBRAT de P (Acer) amb les següents característiques:

Descripció mides: 50 x 145 x 50

Descripció operació:

DADES DE LA OPERACIÓ

Temps canvi eina (min)	4
Temps preparació operació (min)	2
Taxa horària (P0) (€/h)	12
Temps improductiu 1 passada (min)	0,05
Velocitat transversal (m/min)	300
Velocitat de tall desbast [Vc] (m/min)	70
N desbast (rpm)	1392,603
Velocitat de tall acabat [Vc] (m/min)	
N acabat (rpm)	

DADES DE LA FRESA

Sobreposició eina entre passades (%)	10	Fils de tall (nombre dents)	3	Amplada aresta de tall [A] (mm)	32
Cost adquisició (€)	62,02	Cost afilant (€)	15	Cost eina (Cadq+Cafilet) (€)	77,02

Paràmetres vida útil de l'eina

a11: -0,6 k1: 505 p11: -0,38 n11: 0,23

TEMPS I COSTS

Passades longitudinals

num	Passada (mm)
primera passada	
Altres passades	
Marge de Seguretat	

Passades en profunditat

Passada (mm)	Vel. Avanç (mm/min)
primera passada	
Avantpenúltima passada	
Penúltima passada	
Passada d'acabat	

Temps (min)

Preparació	
Tall	
Improductiu	
Canvi d'eina	
Total	

Cost (€)

Càlcul optimitzat **Càlcul sense optimització**

Manual d'usuari ENVIAR DADES A OPERACIONS TORNAR ENREPRE

Figura 6.70. Nova pantalla de la operació "Contornejat".

1. En aquest cas, la diferència bàsica respecte les altres operacions és l'equivalència entre les dades del volum a mecanitzar que s'han d'introduir. La solució adoptada per relacionar-les amb els paràmetres de "gruix a mecanitzar" de la Figura 6.62 ha estat la següent:

Profunditat del contorn en Z \equiv GMZ

Longitud del contorn en Y \equiv GMY

Amplada del contorn en X \equiv GMX

Per tant, a nivell de càlcul de temps de mecanització es tracta el contornejat com si es realitzés un planejat rectangular, amb la mateixa profunditat i amb iguals mides en el pla XY.

2. Aquesta operació no es sol realitzar de forma tangencial, de manera que cal bloquejar el camp “Tipus de fresat” en la opció “Frontal”. Per això apareix de color gris, indicant que no es pot modificar.

Ranuratge:

Es tracta de realitzar una ranura, ja sigui recta o corba, al llarg d'una cara de la peça (*Figura 6.71*). Gràcies al gir de l'eina es va buidant de material tota la zona que interessa. L'eix de rotació de l'eina pot ser paral·lel a la cara mecanitzada (fresatge tangencial) o perpendicular (fresatge frontal).

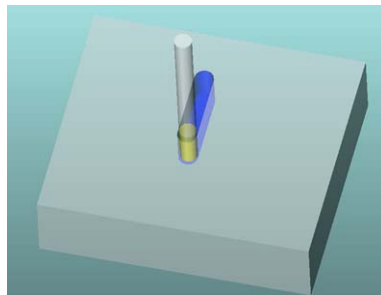


Figura 6.71. Exemple d'operació de ranuratge amb fresatge frontal

Seguidament (*Figura 6.72*) es mostra com ha quedat la pantalla per calcular la operació de ranuratge. Tots els camps que estan senyalitzats en vermell significa que han variat respecte la pantalla base. Els que a més estan numerats reflecteixen canvis específics pel contornejat.

En aquest cas només s'ha tingut en compte el tipus de ranura recta.

Operacions amb fresa

RANURAT

DEFINICIÓ DE LA OPERACIÓ

Tipus de fresa: ☒ Tangencial ☐ Frontal

Amplada de ranura en X: Longitud de ranura en Y: Profunditat de ranura en Z:

DADES DE LA OPERACIÓ

Temps canvi eina (min)	4		
Temps preparació operació (min)	2	Taxa horària (P0) (€/h)	12
Temps improductiu 1 passada (min)	0,05	Velocitat transversal (m/min)	300
Velocitat de tall desbast [Vc] (m/min)	70	N desbast (rpm)	1392,663
Velocitat de tall acabat [Vc] (m/min)		N acabat (rpm)	

DADES DE LA FRESA

Sobreposició eina entre passes (%)	10	Fils de tall (nombre dents)	3	Amplada aresta de tall [A] (mm)	32
Cost adquisició (€)	62,02	Cost afilant (€)	15	Cost eina (Cadq+Cafilet) (€)	77,02

Paràmetres vida útil de l'eina

a11: -0,6 k1: 505 p11: -0,38 n11: 0,23

TEMPS I COSTS

Passades longitudinals		Passades en profunditat		Temps (min)	Cost (€)
num	Passada (mm)	Passada (mm)	Vel. Avanç (mm/min)		
primera passada	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Altres passes	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Marge de Seguretat	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Preparació

Preparació	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tall	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Improductiu	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Canvi d'eina	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Total	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Càlcul optimitzat **Càlcul sense optimització**

Manualet d'usuari ENVIAR DADES A OPERACIONS TORNAR ENRERE

Start avis - Notepad PAPOM_V3 Programa Assist... Dades del full d... Introduir una ta... Operacions a... 19:44

Figura 6.72. Nova pantalla de la operació de ranuratge.

1. L'equivalència entre les dades del volum a mecanitzar amb els paràmetres de "gruix a mecanitzar" de la Figura 6.62 és la següent:

Profunditat de ranura en Z \equiv GMZ

Longitud de ranura en Y \equiv GMY

Amplada de ranura en X \equiv GMX

6.3 Altres millores

6.3.1 Altres millores del subsistema de planificació del procés

Anteriorment, quan es volia eliminar una tasca del full de ruta el que calia era seleccionar la tasca a eliminar i després clicar “guardar”. Resulta molt més intuïtiu que el botó digui “eliminar” per no crear confusió a l'usuari (*Figura 6.73*).

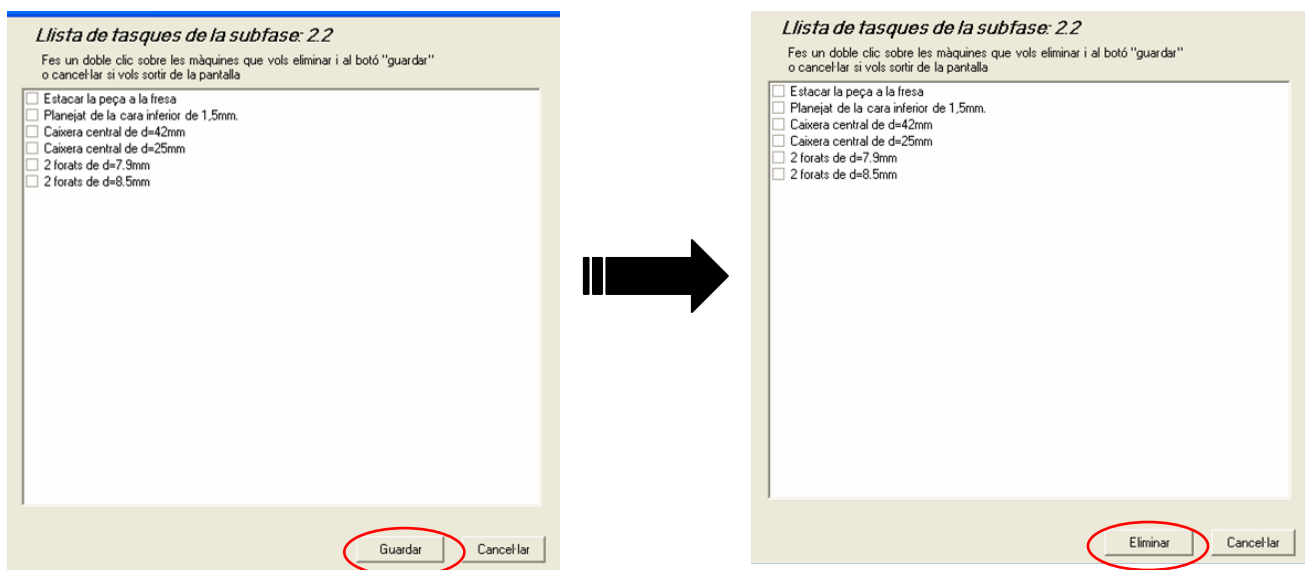


Figura 6.73. Formulari per eliminar un FdR.

6.3.2 Modificació en els subsistema de gestió del taller

En aquest apartat es tractaran totes les modificacions que han afectat a la creació de noves màquines i eines.

1. Una eina pot ser utilitzada en una o més màquines segons els utilatges de que es disposa. El que es necessita per relacionar ambdós ítems és una variable que les uneixi, i el PAPOM utilitza les diferents operacions com elements connectors.

D'altra banda, una operació determinada només es pot realitzar en una tipologia de màquina concreta.

El procediment que segueix el programa obliga a seleccionar primer una eina, després la màquina a la qual es vol associar i finalment es trien quines són les operacions que es permetran fer en aquella màquina amb aquella eina per lligar totes les variables.

El problema és que cada cop que es relacionava una eina amb una màquina apareixien a la llista totes les operacions implementades, inclòs les que no eren possibles que realitzés la màquina. Això feia que l'usuari que entrava les dades hagués de buscar cada vegada entre totes les operacions. En canvi, si ja es limita d'entrada el ventall d'operacions possibles segons cada màquina, entrar totes les eines resultarà molt més simple.

A més a més, anteriorment la llista no estava ordenada alfabèticament, sinó que apareixien completament desordenades. Això confonia i dificultava la tasca de l'usuari.

Per solucionar aquest fet s'han creat uns grups que engloben les operacions que es poden desenvolupar en cada tipologia de màquina eina, tal i com es mostra a la *Taula 5*.

La *Figura 6.74* mostra com a la primera versió apareixien totes les operacions i completament desordenades, mentre que la imatge de la dreta mostra l'estat actual, amb les operacions limitades segons la màquina escollida i amb la llista perfectament ordenada. Es pot comprovar que tan la màquina com la eina en els dos casos és la mateixa. Les marques vermelles ressalten les operacions que en aquest cas (una fresa) poden ser realitzades per la màquina escollida.

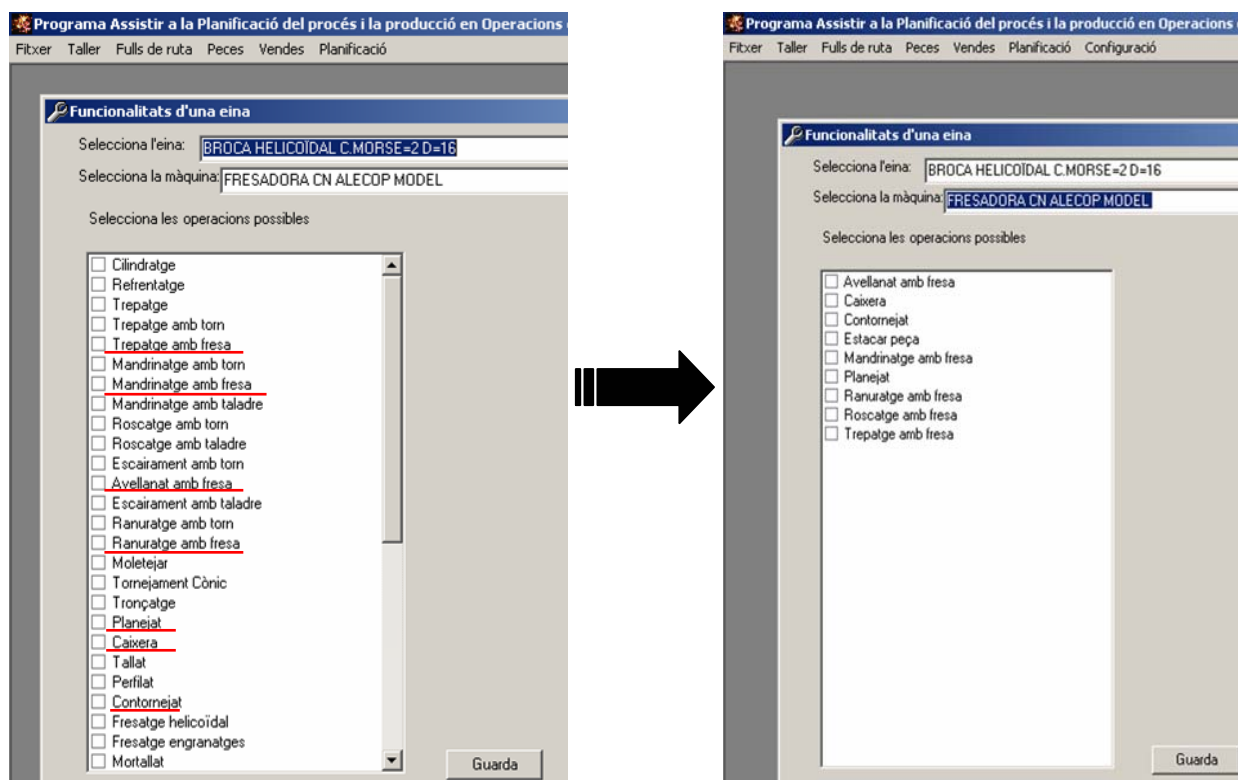


Figura 6.74. Evolució de la interfície de relacionar eines i màquines.

2. Quan el PAPOM realitza l'algorsime del càlcul optimitzat (en les operacions de fresa) una de les dades que es necessita és la geometria que tenen les eines. Fins ara, en la pantalla de càlcul es podia triar la geometria, però al tractar-se d'un paràmetre intrínsec de cada eina s'ha de poder introduir quan aquesta es dona d'alta. Llavors, a l'hora de fer els càlculs el programa ho ha de detectar automàticament. A la *Figura 6.75* es pot veure com ara es pot introduir el tipus de geometria de l'eina al donar-la d'alta (pantalles de l'esquerra) i com ja no es pot modificar quan s'està calculant la operació (s'aprecia a les pantalles de l'esquerra, perquè el camp queda de color gris).

Catàleg d'eines

Tipus d'eina: ☒ Fresa ☐ Broca ☐ Tornejador ☐ Escariador ☐ Avellanador

Característiques generals

Codi:

Fabricant:

Descripció:

Vc (m/min):

Velocitat avanç (mm/dent):

Cost (€):

Duresa [Hb] (Kg/mm²):

Pot emprar refrigerant? ☒ Si

Longitud Total (mm):

Característiques específiques fresa

Diàmetre (mm):

Alçada del Tall (mm):

Angle de la plaqueta (graus):

L'eina estar formada per: ☐ HSS ☒ Plaqueta

Nombre de dents:

Nombre de talls per cara:

Cost d'afilar (€):

Tipus: ☐ Recte ☒ Helicoidal

DADES DE LA PEÇA A FABRICAR (Material utilitzat)

Duresa material BHN	180	Rug. superficial Ra micres	0,8	Força de tall Cp N/mm ²	180
Mòdul de Young E kg/mm ²	21000	Longitud en X Lx mm		Longitud en Y Ly mm	
Long z secció central Lz mm		Longitud en X prisma recte negatiu Lx prisma recte negatiu mm			
Gruix a mec. en X anx mm		Gruix a mec. en Y any mm		Gruix a mec. en Z anz mm	
Fletxa màxima en la direcció Y durant les passades d'acabat. (mm)					0,016
Fletxa màxima en la direcció Y durant les passades de desbast. (mm)					0,1
Fletxa màxima en la direcció Z durant les passades d'acabat. (mm)					0,016
Fletxa màxima en la direcció Z durant les passades de desbast. (mm)					0,1

DADES DE LA FRESA

Diàmetre de l'eina D mm	12	Nombre de dents z	2	<input checked="" type="radio"/> Fresa helicoidal
Longitud màxima de treball=Amplada arestade tall [A] (mm)	26			<input checked="" type="radio"/> Fresa recte

DADES DE FLETXA

Fletxa màxima en la direcció Y durant les passades d'acabat. (mm)	0,016
Fletxa màxima en la direcció Y durant les passades de desbast. (mm)	0,1
Fletxa màxima en la direcció Z durant les passades d'acabat. (mm)	0,016
Fletxa màxima en la direcció Z durant les passades de desbast. (mm)	0,1

DADES DE LA FRESA

Diàmetre de l'eina D mm	12	Nombre de dents z	2	<input checked="" type="radio"/> Fresa helicoidal
Longitud màxima de treball=Amplada arestade tall [A] (mm)	26			<input checked="" type="radio"/> Fresa recte

Figura 6.75. Evolució de la manera d'introduir la geometria d'una eina tipus fresa.

3. En un taller mecànic hi ha moltes eines d'una mateixa tipologia que tenen la majoria de les característiques iguals. Per exemple, en un joc 5 de mascles de roscar la majoria de dades són repetides, excepte algunes com el seu diàmetre, cost o longitud total. La resta, com velocitats de tall permeses, dureses, o materials que poden mecanitzar no solen variar.

Analitzant això resulta interessant facilitar a l'usuari la feina d'entrar totes les eines d'un taller, ja que es pot convertir en una tasca molt feixuga i repetitiva. Per això pot ser de gran ajuda crear una opció que permeti guardar l'eina que s'acaba d'entrar i entrar-ne una altra de similar, conservant els mateixos valors que els de la última eina entrada. D'aquesta manera només caldrà canviar els pocs camps que variïn respecte l'eina anterior, guanyant molt de temps i evitant focus de possibles errors.

En la *Figura 6.76* es pot veure el resultat. Es donen les opcions de guardar l'eina i entrar-ne una de similar (es guardaran els valors), o de guardar l'eina i entrar-ne una de nova (no es guardaran els valors).

Programa Assistir a la Planificació del procés i la producció en Operacions de Mecanitzat - [Crear una nova eina]

Fitxer Taller Fulls de ruta Peces Vendes Planificació

Tipus d'eina
☐ Fresa ☐ Broca ☐ Tornejador ☐ Escariador ☐ Avellanador ☐ Roscador

Característiques generals

Codí:
 Fabricant:
 Descripció:
 Vc (m/min): *
 Velocitat avanç (mm/dent): *
 Cost (€):
 Duresa [Hb] [Kg/mm²]:
 Pot emprar refrigerant? ☐ Si
 Longitud Total (mm): *
 Temps de muntatge (seg):
 Temps de desmuntatge (seg):

Materials

Selecciona els materials en que podem utilitzar l'eina:

- ☐ Bronze
- ☐ Coure
- ☐ Graphit&GFK
- ☐ K (GG(G))
- ☐ LLautó
- ☐ M (Inox)
- ☐ N (Alumini)
- ☐ P (Acer)
- ☐ Polietilè

Paràmetre vida útil de l'eina

a11 k11
 p11 n11

* Camps obligatoris (Si s'entra dins aquests camps el valor no pot quedar a zero)

* Camps obligatoris (Si s'entra dins aquests camps el valor no pot quedar a zero)

Figura 6.76. Pantalla per donar d'alta noves eines del taller.

4. Abans, quan es donava d'alta una màquina no quedava clar quins eren els paràmetres que s'havien d'entrar, ja que no es diferenciava entre les tipologies. Actualment, s'ha fet la distinció entre les màquines prismàtiques (com podria ser una fresa) i les còniques (un torn), de manera que es sap que només s'han d'omplir les dades del tipus de màquina corresponent (*Figura 6.77*).

A més a més, s'ha canviat el que deia en el cas de les màquines prismàtiques, ja que les frases de "Profunditat màxima" i "Superfície de treball" no eren intuïtives per esbrinar el que es demanava.

Figura 6.77. Evolució de la interfície d'altres de màquines.

5. Tot i que apareixien les eines d'escariar i avellanar en el formulari d'entrada d'eines, només estaven creades les variables comunes a la resta d'eines (cost, duresa, codi,...) faltava doncs acabar de completar el formulari amb les dades específiques de cada eina, com es mostra a continuació (*Figura 6.78*). Per saber les dades més característiques de cada eina s'han analitzat diferents catàlegs comercials.

Forma d'Escariador:

- Tipus d'eina: ☒ Escariador ☐ Avellanador ☐ Roscador
- Característiques específiques Escariador:
 - Diàmetre (mm): *
 - Num de fils de tall: *
 - Longitud del tall: *

Forma d'Avellanador:

- Tipus d'eina: ☐ Escariador ☒ Avellanador ☐ Roscador
- Característiques d'avellanadors plans:
 - Diàmetre de guia (mm):
 - Diàmetre de cabota (mm):
 - Rosques mètriques M:
- Característiques d'avellanadors cònic:
 - Diàmetre (mm):
 - Angle:
 - Numero de fils:

Figura 6.78. Formulari per les noves eines: Avellanador i escariador

6. Pel que fa les eines de torn, hi havia dues nomenclatures d'angles que no eren del tot correctes, ja que no quedava clar de quin es tractava. Per això s'ha decidit canviar “d'angle d'atac a angle de posició” i “d'angle de talontge a angle d'incidència” (Figura 6.79).

Programa Assistir a la Planificació del procés i la producció en Operacions de Mecanitzat - [Crear una nova eina]

Tipus d'eina: ☐ Fresa ☐ Broca ☒ Tornejador ☐ Escariador ☐ Avellanador ☐ Roscador

Característiques generals:

- Codi:
- Fabricant:
- Descripció:
- Vc (m/min): *
- Velocitat avanç (mm/dent): *
- Cost (€):
- Duresa [Hb] [Kg/mm²]:
- Pot emprar refrigerant? ☐ Si
- Longitud Total (mm): *
- Temps de muntatge (seg):
- Temps de desmuntatge (seg):

Característiques específiques del tornejadore

Tipus de mecanitzat: ☒ Exterior ☐ Interior

Angle de punta: *

Angle d'atac: *

Angle de talontge: *

Longitud aresta de tall: *

Direcció de l'eina: ☐ Esquerra ☐ Dreta

Tipus de plaqueta:

L'eina estar formada per: ☐ HSS ☐ Plaqueta

Tipus d'acabat:

Profunditat de passada: *

Reversibilitat: ☐ Si

Cost d'afilar (€):

Materials:

Selecciona els materials en que podem utilitzar l'eina:

- ☐ Bronze
- ☐ Coure
- ☐ Graphit&GFK
- ☐ K [GG(S)]
- ☐ LLautó
- ☐ M [Inox]
- ☐ N [Alumini]
- ☐ P [Acer]
- ☐ Polietilè

Paràmetre vida útil de l'eina

a11: k11:

p11: n11:

Guardar i entrar una eina nova Cancel·lar

Guardar i entra una eina similar

* Camps obligatoris (Si s'entra dins aquests camps el valor no pot quedar a zero)

Característiques específiques del tornejadore

Tipus de mecanitzat: ☒ Exterior ☐ Interior

Angle de punta: *

Angle de posició: *

Angle d'incidència: *

Passada Màxima: *

Direcció de l'eina: ☒ Esquerra ☐ Dreta

Tipus de plaqueta:

L'eina estar formada per: ☐ HSS ☒ Plaqueta

Tipus d'acabat:

Profunditat de passada: *

Reversibilitat: ☒ Si

Cost d'afilar (€):

Figura 6.79. Modificació al formulari d'entrada de les eines de torn

7. IMPLEMENTACIÓ AL TALLER

7.1 Màquines

Actualment, al taller mecànic del GREP hi ha una varietat de màquines força gran, però de cares a l'objectiu d'aquest treball només es tindran en compte màquines d'arranc de ferritja. D'aquesta manera, premses, plegadores i altres no s'estudiaran en aquest capítol.

A l'Annex B hi ha els catàlegs de la majoria de les màquines que hi ha. Les que no hi consten significa que els papers de les característiques no s'han trobat (algunes màquines són excessivament antigues) i les seves dades s'han emplenat gràcies als valors de la placa de característiques i a mesures realitzades en les màquines.

A continuació s'introduiran les màquines del taller que s'han implementat al PAPOM.

7.1.1 Centre de Mecanitzat Deckel Maho 64V Linear (Figura 7.80):

Es tracta d'un centre de mecanitzat de CN, vertical, d'alt rendiment, d'estructura compacta i capaç de treballar amb tecnologia *HSM* (*High Speed Machinning*).

És la màquina més nova del taller, així com també la més versàtil i potent. De moment s'hi ha treballat poc i no es coneixen del tot les millors condicions de treball. S'utilitzarà per fabricar les peces 1 i 2 del capítol de validació.



Figura 7.80. Centre de mecanitzat Deckel Maho 64V Linear.

El resum de les característiques és el següent (*Taula 2*):

Característica	Valor
Eix X / Y / Z [mm]	640 / 600 / 500
Accionament principal (40/100% DC) [kW]	19 / 13
Parell de gir (40/100% DC) [Nm]	100 / 70
Velocitat del fusell [rpm]	12.000
Marxa ràpida X / Y / Z [m/min]	70 / 40 / 40
Avanç màxim [mm/min]	40.000
Sistema de Control	FANUC 180i MB

Taula 6. Resum de les característiques tècniques.

7.1.2 Torn Alecop CNC Magnum, (Figura 7.81):

Torn de control numèric de petit tamany, adequat per treballar amb peces de plàstic i alumini. S'aconsella, tot i que es pot fer, no treballar amb peces d'acer.

Es tracta d'una màquina de mitjana potència, amb capacitat per peces petites (diàmetre 75) i de fàcil manipulació, ideal per realitzar les pràctiques de la docència.

Amb aquesta màquina es realitzarà la tercera peça del capítol de validació.



Figura 7.81. Torn Alecop CNC Magnum

El resum de les seves característiques és el següent (Taula 7):

Característica	Valor
Eix X / Z [mm]	75/ 205
Accionament principal [kW] (Capçal)	1,5
Accionament secundari [W] (Porta-Eines)	140
Velocitat del fusell [rpm]	3000
Parell motor [N·m]	5
Avanç ràpid [mm/min]	3000
Avanç treball [mm/min]	1500
Sistema de Control	FAGOR 8020M

Taula 7. Resum de les característiques tècniques.

7.1.3 Torn paral·lel SP-180 Pinacho (Figura 7.82):

És el torn convencional que hi ha al taller. A diferència dels altres 2, es tracta d'una màquina manual, de manera que els avanços els ha de controlar l'operari.



Figura 7.82. Torn paral·lel SP-180 Pinacho

Les dades bàsiques de la Taula 8 s'han extret de la seva placa de característiques

Característica	Valor			
Eix X / Z [mm]	140 / 500			
Accionament principal [kW] (Capçal)				
Velocitat del fusell [rpm] (Marxes)	60/220/860/ 92/360/1400 140/530/2000			
Avanç treball [mm/rev] (Marxes)	0,5	1	2	4
	0,28	0,56	1,12	2,25
	0,29	0,59	1,19	2,38
	0,32	0,63	1,25	2,5
	0,34	0,68	1,37	2,75
	0,36	0,72	1,44	2,88
	0,34	0,75	1,5	3
	0,4	0,81	1,63	3,25
	0,43	0,85	1,69	3,38
	0,44	0,88	1,75	3,5
	0,47	0,94	1,88	3,75
	0,25	0,5	1	2

Taula 8. Resum de les característiques tècniques.

7.1.4 Torn CN Okuma LB-15 (Figura 7.83):

Torn de CN molt competitiu i industrial. Es tracta d'una màquina molt potent i amb zona de treball força àmplia, de manera que es tracta d'una màquina capaç de treballar molts tipus de peça.

El sistema de control no és fàcil de manipular, donat que respon a tecnologia de control japonesa, així que el seus ús estarà limitat a aquelles persones que dominen el funcionament de la màquina.



Figura 7.83. Torn CNC Okuma LB-15

El resum de les seves característiques és el següent (Taula 7):

Característica	Valor
Eix X / Z [mm]	370 / 1000
Accionament principal [kW] (Capçal)	15
Velocitat del fusell [rpm]	4500
Sistema de Control	OSP5020L

Taula 9. Resum de les característiques tècniques.

7.1.5 Fresadora Fexac Universal Model UP (Figura 7.84):

Fresa mecànica amb capacitat per treballar amb el capçal de forma horitzontal, vertical i a 45°. Incorpora un plat divisor per poder realitzar engranatges, sisavats,...

Els 3 moviments en l'espai (X,Y,Z) els realitza la taula. Té la potència suficient per treballar amb acers.



Figura 7.84. Fresadora Fexac

Les seves característiques principals són (Taula 10):

Característica	Valor
Eix X / Y / Z [mm]	825 / 250 / 425
Accionament principal [cv] (Capçal)	3
Accionament secundari [cv] (Avanços)	1,5
Velocitat del fusell [rpm]	1500
Avanç ràpid [mm/min]	2500
Avanç treball [mm/min]	12 marxes

Taula 10. Resum de les característiques tècniques

7.1.6 Fresadora CN Alecop Model MU-8000 (Figura 7.85):

Fresa de CN amb la potència més baixa de les freses del taller. També incorpora un plat divisor com a quart eix de moviment.

Els moviments del pla XY els realitza la taula, mentre que el desplaçament en vertical Z el realitza el capçal. Per la seva baixa potència i fàcil manipulació resulta molt adequada per realitzar les pràctiques de la docència.



Figura 7.85. Fresadora Alecop MU-8000

Les seves característiques principals són (Taula 11):

Característica	Valor
Eix X / Y / Z [mm]	200 /165 /190
Accionament principal [kW] (Capçal)	1,2
Accionament secundari [W] (Taula)	50
Velocitat del fusell [rpm]	2000
Avanç treball [mm/min]	300
Sistema de Control	FAGOR 8020

Taula 11. Resum de les característiques tècniques

7.1.7 Trepant Quantum B-30(Figura 7.86):

Es tracta d'un trepant de columna amb deu velocitats de rotació diferents, segons les necessitats de treball.

La taula de treball es pot moure al pla XY fent-la girar al voltant de la columna del trepant. El moviment d'avanç del capçal el realitza l'operari de forma totalment manual amb a través d'una manovella giratòria.



Figura 7.86. Trepant Quantum

Les seves característiques més rellevants són (*Taula 16*):

Característica	Valor
Eix Z [mm]	150
Velocitat del fusell [rpm] (Marxes)	2000/1170/650/360/200 4000/2340/1300/720/400
Avanç treball	Manual

Taula 12. Resum de les característiques tècniques.

7.1.8 Serra de cinta Jet HVBS-812R (Figura 7.87):

Serra semiautomàtica que autoregula la velocitat d'avanç segons la duresa i la geometria de la peça.

Cada cop que es talla la longitud necessària l'operari ha de tornar a posar la barra de material a la posició inicial per serrar un nou tall.



Figura 7.87. Serra de cinta

Les seves característiques mes rellevants són (Taula 17):

Característica	Valor
Longitud de la serra [mm]	2362
Gruix de la serra [mm]	0,9
Amplada de la serra [mm]	19-20
Accionament principal [kW]	0,55
Velocitats de tall [m/min]	25 / 40 / 60 / 80
Avanç treball	Auto-regulable

Taula 13. Resum de les característiques tècniques.

7.2 Eines

De les eines que actualment hi ha al taller, s'han introduït al programa les eines més noves a les que s'ha tingut capacitat de començar a inventariar, ja que la majoria de les que hi havia estaven desgastades, fetes malbé o descatalogades. D'aquesta manera es marca un punt d'inici en el control de les eines mitjançant una base de dades. A partir de l'elaboració d'aquest treball, totes les eines que es comprin s'hauran d'introduir a la base de dades del PAPOM per tenir modelitzat el taller en temps real.

A l'Annex C hi ha els catàlegs de les eines que s'han comprat últimament. Les que no hi consten significa que són eines que ja porten un temps al taller, de manera que els seus paràmetres s'han entrat buscant eines similars actuals del mercat.

Per explicar les eines que hi ha al taller i entendre la funció que fan, s'exposarà una taula completa indicant quines operacions pot fer cadascuna tenint en compte la màquina eina a la qual pot treballar.

El fet de que una eina pugui treballar o no amb una màquina bé determinat per dos factors:

1. Si aquesta és molt gran, o està pensada per treballar un material molt dur no podrà treballar amb màquines de poca potència.
2. Cada eina necessita un determinat porta eines que la permeti acoblar-se al capçal de la màquina corresponent. Cada màquina del taller té el seu propi ventall de porta eines, de manera que una mateixa eina no sempre podrà utilitzar-se en totes les màquines de la mateixa tipologia.

Per omplir les taules següents s'han utilitzat lletres per designar cada màquina, sense tenir en compte la serra de cinta, ja que aquesta no utilitza cap eina diferent a una serra. Les abreviatures utilitzades són:

Torn Paral·lel Pinacho: P Centre Mecanitzat Deckel Maho: D
 Torn CN Magnum: M Fresadora CN Alecop: A
 Trepant Ibramia: T Fresadora Mecànica Fexac: F

7.2.1 Avellanadors

	Avellanat amb fresa	Avellanat amb taladre
AVELLANADOR PLA M5 DIN 10X5,3	D/F/A	T
AVELLANADOR PLA M6 DIN 11X6,4	D/F/A	T
AVELLANADOR PLA M8 DIN 15X8,4	D/F	T
AVELLANADOR PLA M10 DIN 18X10,5	D/F	T

Taula 14. Resum de les operacions dels avellanadors.

7.2.2 Broques

	Trapatge amb fresa	Trapatge amb trepant	Trapatge amb torn
BROCA HELICOIDAL RECTIFICADA D=5	D/A	T	-
BROCA HELICOIDAL RECTIFICADA D=7,9	D/F/A	T	-
BROCA HELICOIDAL RECTIFICADA D=10,5	D/F/A	T	-
BROCA HELICOIDAL RECTIFICADA D=12	D/F	T	-
BROCA HELICOIDAL D=8	D/F	T	P
BROCA HELICOIDAL CON MORSE D=20	D	T	-
BROCA HELICOIDAL CON MORSE D=16	D	T	-
BROCA LLARGA D=8	D/F/A	T	-
BROCA RECOBRIMENT TITANI D=6	D/F/A	T	-
BROCA RECOBRIMENT TITANI D=8	D/F/A	T	-

Taula 15. Resum de les operacions de les broques.

7.2.3 Freses

	Caixera	Planejat	Contornejat	Ranuratge amb fresa
FRESA DE DESBAST AMB DENTAT FI D=16	D/F	D/F	D/F	D/F
FRESA DE DESBAST DE 3 LLABIS D=10	D/F/A	D/F/A	D/F/A	D/F/A
FRESA DE DESBAST DE 3 LLABIS D=16	D/F	D/F	D/F	D/F
FRESA DE RADIS LLARGA D=6	D/F/A	-	D/F/A	D/F/A
FRESA DE RADIS LLARGA D=8	D/F/A	-	D/F/A	D/F/A
FRESA DE RADIS LLARGA D=10	D/F/A	-	D/F/A	D/F/A
FRESA DE RADIS LLARGA D=12	D/F	-	D/F	D/F
FRESA PLANA LLARGA D=6	D/F/A	D/F/A	D/F/A	D/F/A
FRESA PLANA LLARGA D=8	D/F/A	D/F/A	D/F/A	D/F/A
FRESA PLANA LLARGA D=10	D/F/A	D/F/A	D/F/A	D/F/A
FRESA PLANA LLARGA D=12	D/F	D/F	D/F	D/F
FRESA PLANA LLARGA D=16	D/F/A	D/F/A	D/F/A	D/F/A
FRESA TOROIDAL D=12	D	D	D	D
FRESA TOROIDAL D=16	D	D	D	D
FRESA TOROIDAL D=50	D/F/A	D/F/A	D/F/A	D/F/A
FRESA TOROIDAL D=52	D	D	D	D
FRESA TOROIDAL D=63	D/F	D/F	D/F	D/F
FRESA ROMBICA D=49	D/F/A	D/F/A	D/F/A	D/F/A

Taula 16. Resum de les operacions de les freses

7.2.4 Mascles de roscar

	Roscatge amb fresa
ROSCADOR FORATS CECS M6	D
ROSCADOR FORATS CECS M12	D
FRESA DE DESBAST DE 3 LLABIS D=16	D

Taula 17. Resum de les operacions dels mascles de roscar.

7.2.5 Eines de torn

	Cilindratge	Cilindratge cònic	Refrentat	Ranuratge amb torn	Tronçat	Roscatge amb torn	Mandrinatge amb torn
EINA DE CILINDRAR B=55° A= 62.5°	M/P	M/P	M/P	-	-	-	-
EINA DE CILINDRAR B=55°,	M/P	M/P	M/P	-	-	-	-
EINA DE CILINDRAR DRETES B=55°	M/P	M/P	-	-	-	-	-
EINA DE MANDRINAR B=55°	-	-	-	-	-	-	M/P
EINA DE MANDRINAR B=80°	-	-	-	-	-	-	M/P
EINA DE RANURAR 2MM	-	-	-	M/P	-	-	-
ROSCADOR 60°, P=1,5	-	-	-	-	-	M/P	-
ROSCADOR INTERIOR 60°, P=1,5	-	-	-	-	-	M/P	-

Taula 18. Resum de les operacions de les eines de torn.

8. VALIDACIÓ

Per comprovar que les modificacions realitzades en el programa són correctes cal validar-les d'alguna manera. Més concretament, el que es validarà en aquest capítol són els temps de mecanitzat de l'Eq. 1 que es calculen mitjançant l'algorisme simplificat (veure *Figura 6.16*) per les diferents operacions. Per tant, només es compararan el temps de tall (t_c) i el temps improductiu (t_i) ja que tant el temps de preparació com el de canvi d'eina són variables que no es calculen, sinó que es poden introduir directament segons el que hagi estimat el planificador, de manera que no tindria sentit avaluar-les perquè no s'estaria examinant la bondat dels càlculs, sinó l'encert del planificador determinar-los.

La resta de millores realitzades en les diferents àrees del PAPOM s'han verificat al llarg del capítol 6,

En definitiva es tractarà d'entrar un full de ruta per varies peces que intentin ser representatives sobre les noves operacions que s'han programat. Cal recordar que inicialment només n'hi havia 5 d'implementades, mentre que ara n'hi ha 16 (veure *Taula 4* i *Taula 5*).

S'han escollit 3 peces, que representen diferents famílies de peces de manera que permeten validar el màxim conjunt d'operacions, dues de les quals es fabriquen en una màquina tipus fresa i la tercera es tracta d'una peça de geometria cilíndrica que es mecanitzarà en un torn.

8.1 Metodologia

Els passos seguits per validar totes les modificacions aplicades han estat:

1. Escollir la peça a analitzar. És important que per fabricar-la s'hagin de realitzar varies operacions perquè es vol validar un full de ruta complet i no una única operació.

2. Entrar la peça al programa de CAM *GOelan*® (*Figura 8.88*). Es tracta d'un software capaç d'identificar les diferents operacions de mecanitzat que es realitzen en un dibuix en 3D

i genera el codi de control numèric (CN) que governarà la màquina eina. A més a més es pot simular la mecanització de la peça a fi d'obtenir els temps de mecanitzat i de preveure possibles problemes, com col·lisions de l'eina amb la peça. Per fer tot això el programa permet entrar els paràmetres de tall (velocitats i passades), triar el tipus de tecnologia de mecanització (en funció de les trajectòries, dels cicles realitzats,...), i altres aspectes per controlar perfectament totes les variables que intervenen en el procés.

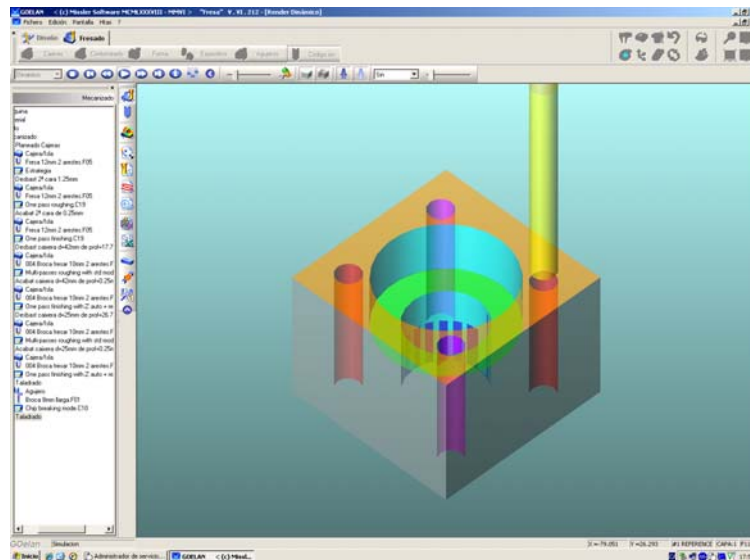


Figura 8.88. Interfície gràfica del software GOelan.

3. Implementar la peça amb el mateix FdR al PAPOM per poder comparar els temps de cada operació. Consultar l'Annex E.3 per saber els passos necessaris
4. Generació del codi de control numèric amb l'aplicació GOelan[®].
5. Transferència del codi de CN a la màquina corresponent. Per passar l'arxiu cal enviar-lo a una carpeta compartida de la xarxa informàtica del taller i carregar-lo amb el control de la màquina.
6. Mecanització de la peça al taller, cronometrant els temps de tot el procés i de cada operació en particular.
7. Comparar els 3 temps obtinguts i analitzar els resultats per treure'n les conclusions finals.

Cal remarcar que com que el centre de mecanitzat Deckel fa poc temps que està al taller s'ha hagut d'invertir un temps d'aprenentatge fins a poder dominar mínimament la màquina i ha estat de les primeres vegades que s'ha fet treballar la màquina amb peces d'acer, amb tots els problemes i inconvenients que això pot comportar.

8.2 Peça 1.

La primera peça que s'analitzarà és la que es mostra al plànol de l'Annex D.1

El full de ruta dissenyat per fabricar-la és el de la *Taula 19*. Es parteix d'una barra quadrada d'acer calibrada de 50 x 50mm, i es talla un brut de partida de 48mm. d'alçada amb la serra de cinta.

Fase 1. Serra de cinta	<i>Subfase 2.2</i>
<i>Subfase 1.1</i>	Estacar peça
Estacar peça	Planejat de desbast 1.25mm
Tall del brut	Planejat d'acabat 0.25mm
Fase 2. Centre Mecanitzat CN	Desbast caixa d=42mm
<i>Subfase 2.1</i>	Acabat caixa d=42mm
Estacar peça	Desbast caixa d=25mm
Planejat de desbast 1.25mm	Acabat caixa d=25mm
Planejat d'acabat 0.25mm	2 forats d=7.9mm
	2 forats d=8mm

Taula 19. FdR 1 de la peça 1.

De cares a l'anàlisi dels temps de les operacions, només es mostraran els corresponents a la subfase 2.2, ja que els de la subfase 1.1 no es poden calcular perquè es tracta d'operacions realitzades amb la serra de cinta (ja s'ha comentat anteriorment que el tall amb serra de cinta no està implementat), i els de la subfase 2.1 es repeteixen a la 2.2.

Les condicions de tall que s'ha utilitzat per la fabricació han estat les següents (*Taula 20*):

	Vc [m/min]	Va [mm/min]	Passada [mm]
Desbast Planejat	70	742	2
Acabat Planejat	110	583	0,25
Desbast Caixera	70	668	2
Acabat Caixera	110	490	0,25
Trepatge d=7.9mm	40	322	Radi de l'eina
Trepatge d=8mm	40	318	Radi de l'eina

Taula 20. Condicions de tall de la peça 1.

Amb aquestes condicions s'ha mecanitzat la peça al centre de mecanitzat Deckel Maho del taller.

8.2.1 Implementació al GOelan

Per introduir la peça al GOelan, s'han realitzat els següents passos (Figura 8. 89):

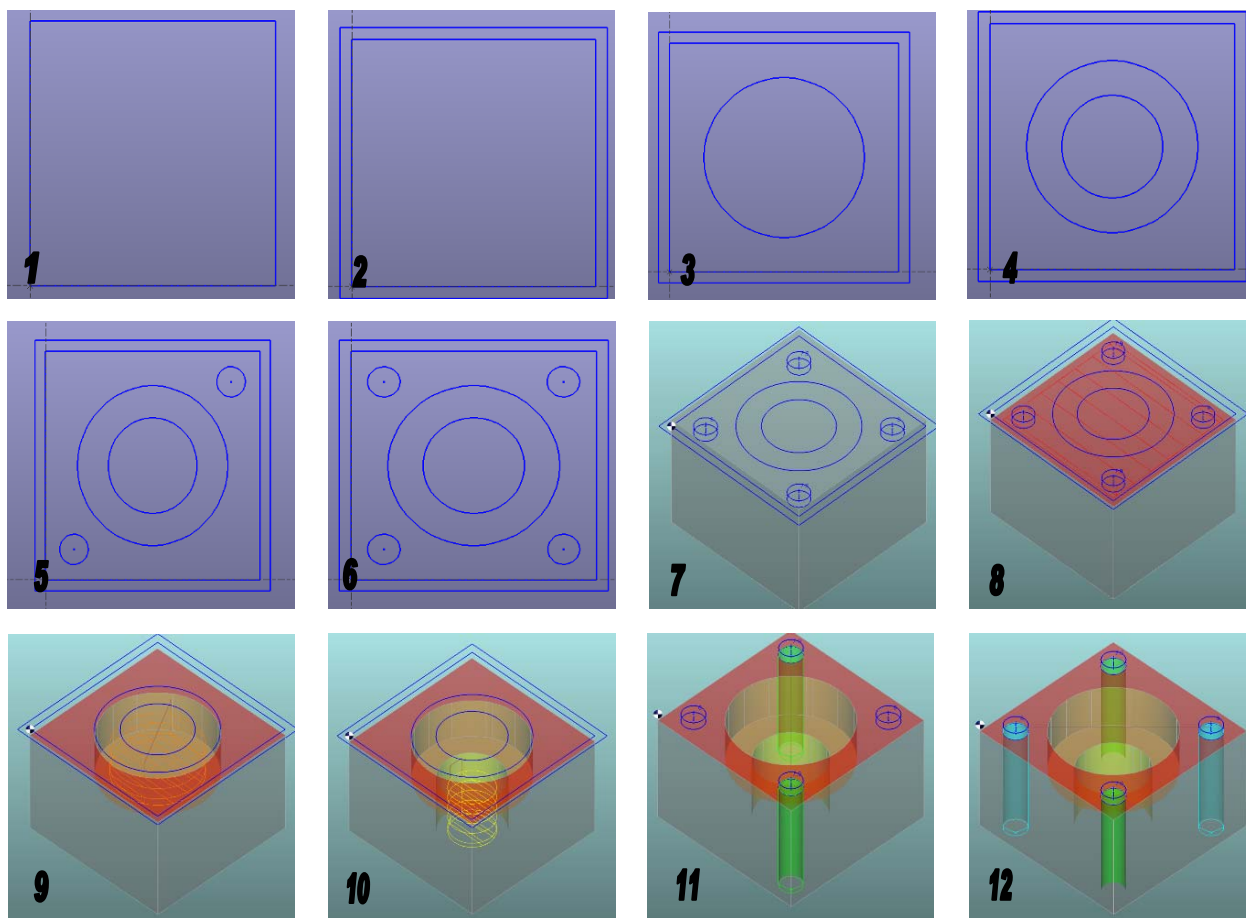


Figura 8. 89. Seqüència de fabricació de la peça 1.

1. Dibuixar la zona límit del brut de partida del pla XY.
2. Dibuixar la zona límit del planejat. Aquesta serà una mica mes gran que el brut, per assegurar que no queden rebaves.
3. Dibuixar el cercle per marcar el límit d'una caixera.
4. Dibuixar el cercle per marcar el límit de l'altre caixera.
5. Dibuixar dos cercles per acotar el primer parell de forats.
6. Dibuixar dos cercles per acotar l'altre parell de forats.
7. Generació del brut tridimensional.
8. Planejat de la cara superior.
9. Primera caixera circular.
10. Segona caixera circular.
11. Primer parell de forats.
12. Segon parell de forats, peça finalitzada

8.2.2 Resultats

La peça obtinguda es mostra a continuació (*Figura 8. 90*):



Figura 8. 90. Peça final mecanitzada.

Per poder validar el PAPOM, es compararan els temps donats pel propi programa amb els calculats pel *GOelan* i amb els obtinguts en la realitat (*Taula 21*).

FdR 1.1		Tc [s]		
Eina	Operació	GOELAN	PAPOM	REAL
Fresa 12mm	Desbast 2ª cara 1.25mm	42,8	36	43
Fresa 12mm	Acabat 2ª cara de 0.25mm	61,5	45,7	53
Fresa 10mm	Desbast caixaera d=42mm, p=17.75	150,8	153	162
Fresa 10mm	Acabat caixaera d=42mm, p=0.25mm	22,5	23	23
Fresa 10mm	Desbast caixaera d=25mm de p=26.75	96,4	99,2	103
Fresa 10mm	Acabat caixaera d=25mm de p=0.25mm	9,1	9,45	11
Broca 7,9mm	Taladrat 2 forats d=7.9mm	37,3	31,5	29
Broca 8mm	Taladrat 2 forats d=8.5mm	37,6	30,3	27

Taula 21. Resum dels temps obtinguts per la peça 1.

Per ajudar a l'anàlisi dels resultats, es mostraran gràficament els 3 temps de tall (Figura 8.91):

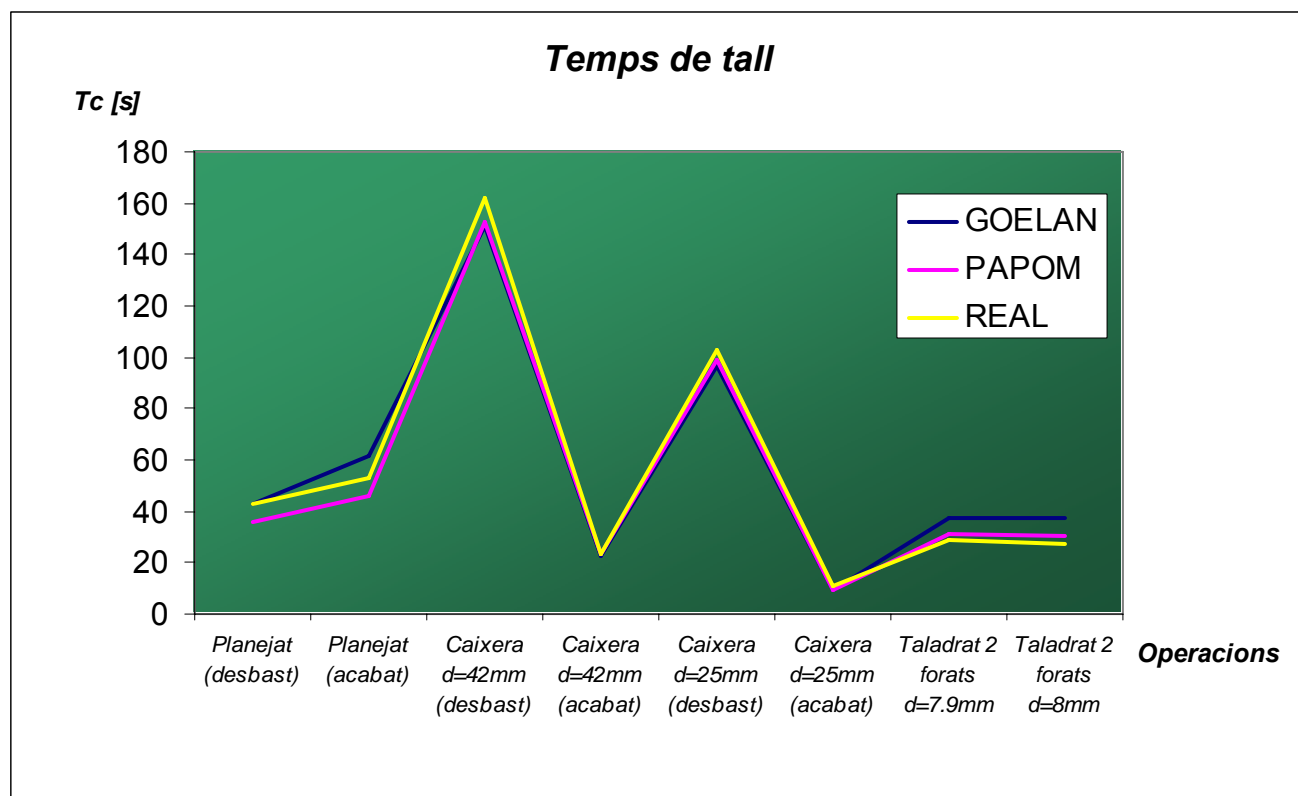


Figura 8.91. Resultat gràfic dels temps de tall obtinguts.

En general, es pot afirmar que els resultats són molt bons, ja que l'error relatiu entre el PAPOM i el real més apreciable es troba al voltant del 16% (en el cas del planejat).

Resulta molt interessant destacar que tot i que el GOelan és l'encarregat de generar el codi que farà funcionar la màquina, els seus temps no s'ajusten perfectament als temps

reals. A més, en els casos on hi ha una diferència més notable (taladrat i planejat), els temps que s'aproximen millor són els calculats pel PAPOM.

8.3 Peça 2

La segona peça a analitzar és la que es mostra al plànol de l'Annex D.2

El full de ruta dissenyat per fabricar-la és el de la *Taula 22*. Es parteix d'una barra quadrada d'acer calibrada de 50 x 50mm, i es talla un brut de partida de 86 mm. de llargada amb la serra de cinta.

Fase 1. Serra de cinta	<i>Subfase 2.3</i>
<i>Subfase 1.1</i>	Estacar peça
Estacar peça	Planejat cara inferior 1mm
Tall del brut	<i>Subfase 2.4</i>
Fase 2. Centre Mecanitzat CN	Estacar peça
<i>Subfase 2.1</i>	Planejat cara superior 10mm
Estacar peça	Ranura de 16mm i L:80mm
Planejat 1ª cara 3mm	2 forats de d=10.5mm
<i>Subfase 2.2</i>	2 forats passants d=10.5mm
Estacar peça	Avellanat 2 forats
Planejat 2ª cara 3mm	Roscatge de 2 forats M12 prof:20mm

Taula 22. FdR 1 de la peça 2.

Es pot observar que aquest segon full de ruta ja no diferencia entre les operacions de desbast i acabat, ja que s'ha implementat al PAPOM després de realitzar la modificació ja comentada en el capítol 6.

De cares a l'anàlisi dels temps de les operacions, només es mostraran els corresponents a la subfase 2.4, ja que els de la subfase 1.1 no es poden calcular perquè es tracta d'operacions realitzades amb la serra de cinta i les subfases 2.1, 2.2 i 2.3 només incorporen la operació de planejat, que ja s'analitzarà en la subfase 2.4.

Les condicions de tall que s'ha utilitzat per la fabricació han estat les següents (*Taula 23*):

	Vc [m/min]	Va [mm/min]	Passada [mm]
Desbast Planejat	120	500	0,3
Acabat Planejat	150	350	0,2
Desbast Ranura	120	500	0,3
Acabat Ranura	150	350	0,2
Trepatge	30	95,5	Radi de l'eina
Avellanat	30	95,5	Radi de l'eina
Roscatge	10	530	Radi de l'eina

Taula 23. Condicions de tall de la peça 1.

Amb aquestes condicions s'ha mecanitzat la peça al centre de mecanitzat Deckel Maho del taller.

8.3.1 Implementació al GOelan[®]

Per introduir la peça al GOelan, s'han realitzat els següents passos (Figura 8.92):

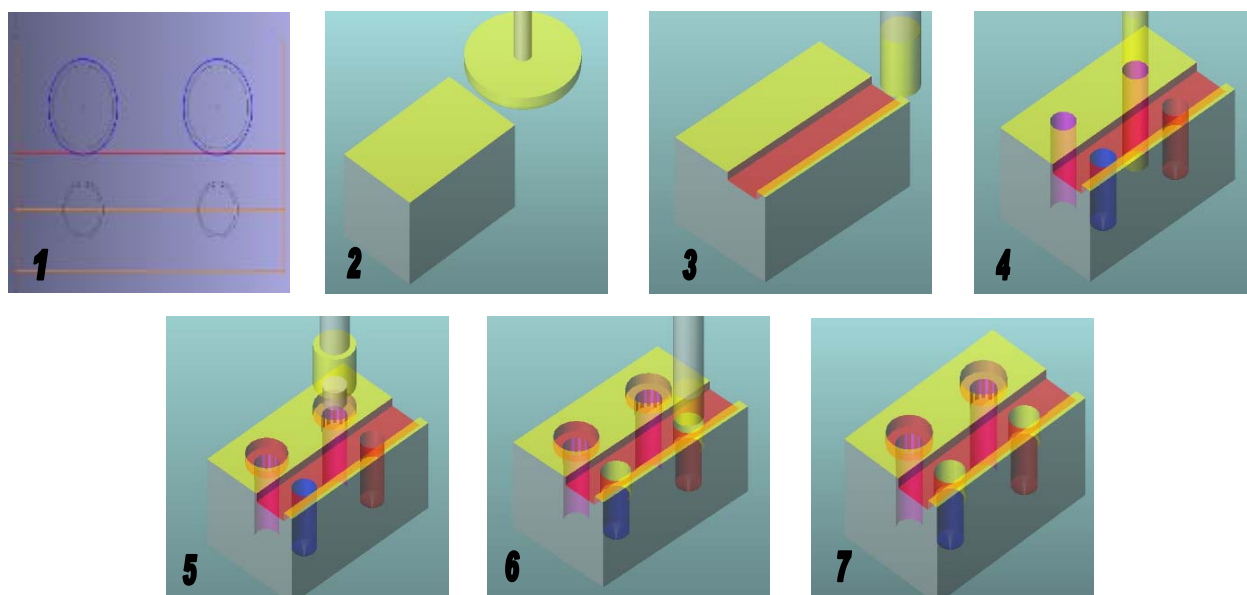


Figura 8.92. Seqüència de fabricació de la peça 2.

1. Dibuixar les geometries que limitaran les operacions, igual que a la peça 1.
2. Planejat de la cara superior.
3. Ranuratge.

4. Trepatge dels 4 forats.
5. Avellanat dels 2 forats passants.
6. roscatge dels 2 forats cecs.
7. Peça finalitzada.

8.3.2 Resultats

La peça mecanitzada es mostra a continuació (*Figura 8.93*):



Figura 8.93. Peça 2 mecanitzada.

Per poder validar el PAPOM, es compararan els temps donats pel propi programa amb els calculats pel *GOelan* i amb els obtinguts en la realitat (*Taula 24*).

FdR 2.1		Tc [s]		
Eina	Operació	GOELAN	PAPOM	REAL
Fresa toroidal d= 63	Planejat cara superior 10mm	846,5	833,6	948
Fresa llarga per forats llargs d=16	Ranura de 16mm i L:80mm	289,5	277,5	314
Broca helicoidal rectificada d=10.5	2 forats de d=10.5mm	42	39,7	32
Broca helicoidal rectificada d=10.5	2 forats passants d=10.5mm	68	58,6	50
Avellanador pla m10 din 18x10,5	Avellanat 2 forats	13,6	13,6	12
Roscador forats cecs m12	Roscatge de 2 forats M12 prof:20mm	7,8	6,8	7

Taula 24. Resum dels temps obtinguts per la peça 2.

Gràficament s'obté (*Figura 8.94*):

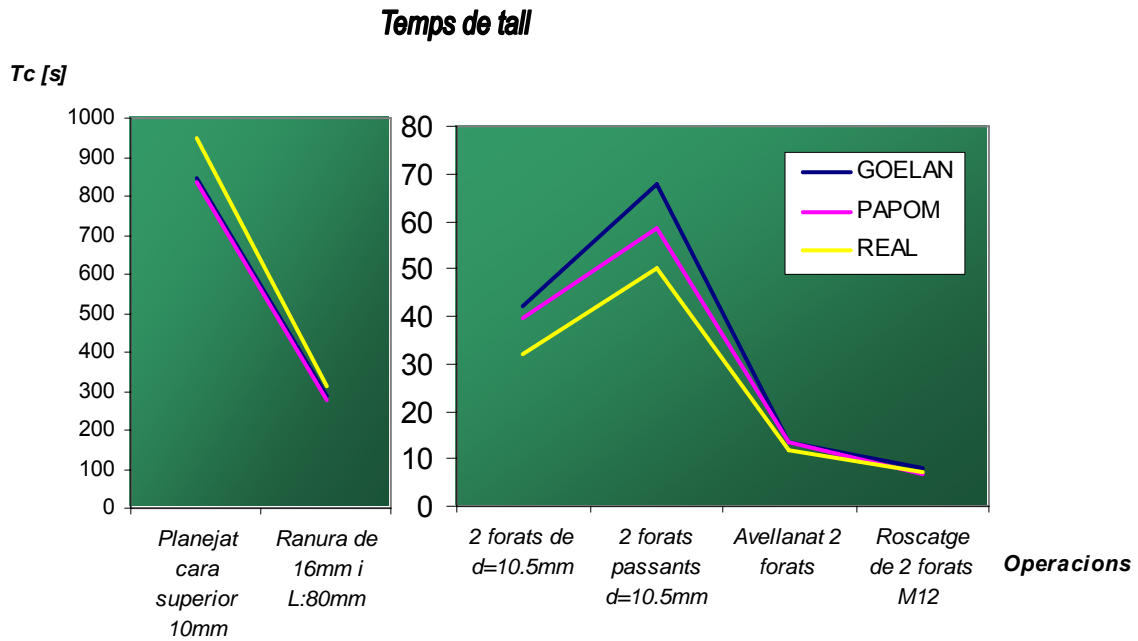


Figura 8.94. Anàlisi gràfic dels resultats de la peça 2.

Per poder veure correctament els resultats s'ha dividit les operacions, ja que l'escala de temps de les dues primeres era molt diferent a la de la resta.

En les operacions de llarga durada, els temps del PAPOM i del GOelan són molt semblants, i sempre prenen valors inferiors als reals. Això es deu al fet que la velocitat de retorn del capçal, quan l'eina recula per realitzar una nova passada, no s'ha introduït correctament als programes, i la màquina retrocedeix més lentament. Com que aquestes dues operacions impliquen moltes passades, aquest error es magnifica proporcionalment al nombre d'aquestes passades.

En canvi, en les operacions de curta durada els temps reals sempre són inferiors al dels programes. Totes elles corresponen a operacions del grup 3, i els temps que s'acosten més als reals tornen a ser els de l'aplicació dissenyada pel GREP.

Tot i aquestes diferències, els resultats són bons, ja que en cap cas es sobrepassa un error relatiu del 15% entre els valors del PAPOM i els reals.

8.4 Peça 3

L'última peça a analitzar és la que es mostra al plànol de l'Annex D.3

El full de ruta dissenyat per fabricar-la és el de la *Taula 25*. Es parteix d'una barra rodona de PVC de 31mm. de diàmetre i es talla un brut de partida de 75mm. de llargada amb la serra de cinta.

Fase 1. Serra de cinta
<i>Subfase 1.1</i>
Estacar peça
Tall del brut
Fase 2. Torn CN
<i>Subfase 2.1</i>
Estacar peça
Refrentatge 1mm.
Cilindratge fins d=15mm
Ranuratge amb torn 2mm
Cilindratge cònic L=25mm
Roscatge amb torn L=17mm

Taula 25. FdR 1 de la peça 3.

De cares a l'anàlisi dels temps de les operacions, només es mostraran els corresponents a la subfase 2.1, ja que els de la subfase 1.1 no es poden calcular perquè es tracta d'operacions realitzades amb la serra de cinta.

Les condicions de tall que s'ha utilitzat han estat les següents (Taula 26):

	Vc [m/min]	Va [mm/min]	Passada [mm]
Refrentat	120	63	1
Desbast Cilindrat	120	82	1,25
Acabat Cilindrat	150	12	0,1
Desbast Ranura	80	25	0,75
Acabat Ranura	100	25	0,75
Roscatge	35	170	0,2
Desbast Cil. cònic	120	63	1,25
Acabat Cil. cònic	150	82	0,1

Taula 26. Condicions de tall de la peça 3.

Amb aquestes condicions s'ha mecanitzat la peça al torn de control numèric *Magnum* del taller.

8.4.1 Implementació al GOelan[®]

Per introduir la peça al GOelan, s'han realitzat els següents passos (*Figura 8.95*):

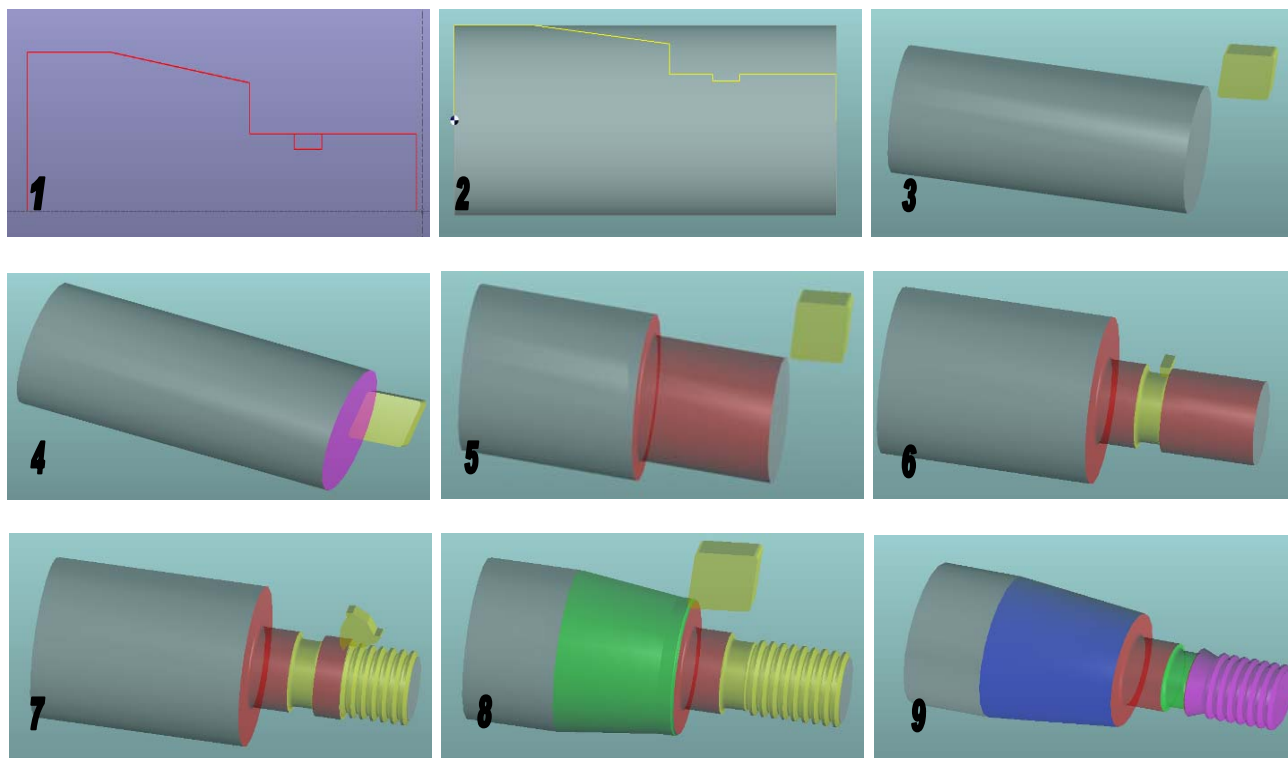


Figura 8.95. Seqüència de fabricació de la peça 3.

1. Dibuixar la geometria de la secció de revolució per poder acotar les operacions.
- 2 i 3. Generació del brut tridimensional.
4. Refrentatge d'una cara.
5. Cilindratge.
6. Ranuratge amb torn
7. Roscatge amb torn
8. Cilindratge cònic.

8.4.2 Resultats

La peça obtinguda es mostra a continuació (*Figura 8. 96*):



Figura 8. 96. Peça final mecanitzada.

Per poder validar el PAPOM, es compararan els temps donats pel propi programa amb els calculats pel GOelan i amb els obtinguts en la realitat (*Taula 27*):

FdR 3.1		Tc [s]		
Eina	Operació	GOELAN	PAPOM	REAL
Tornejador b=80°	Refrentatge	11,4	14,1	25
Tornejador b=80°	Cilindratge	179	158,7	201
Eina de ranurar 2mm	Ranuratge amb torn	28,6	23,5	32
Tornejador b=80°	Tornejament Cònic	148	132,3	250
Eina de roscar 60°	Roscatge amb torn	3,5	2,9	2,5

Taula 27. Resum dels temps obtinguts per la peça 3.

Gràficament s'obté (*Figura 8.97*):

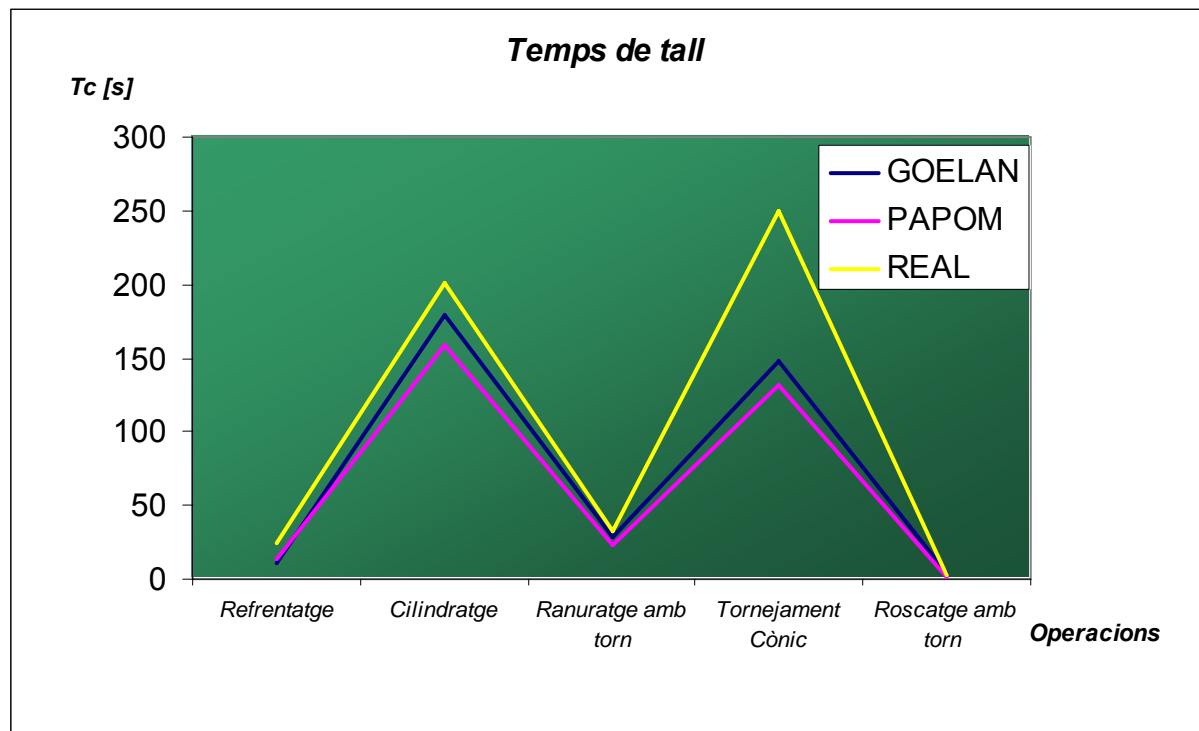


Figura 8.97. Temps de fabricació de la peça 3.

En aquest cas els resultats no són tan bons com en els casos anteriors, cal analitzar-ne la causa:

Els temps reals sempre són superiors als temps dels programes. Això es deu a que per poder mecanitzar la peça s'ha d'establir una distància de seguretat, que serà la separació entre la peça i el punt on es canvia l'eina per evitar que quan gira el revòlver del torn alguna de les eines pugui tocar la peça o bé la distància que es separa l'eina cada cop que es realitza una nova passada.

Observant el comportament del torn, s'ha determinat que aquest espai es recorre a velocitat d'avanç normal. En canvi, el *GOelan* ho calcula com si el porta-eines es desplaçés a velocitat ràpida. El PAPOM no contempla la opció de programar una distància de seguretat. És per això que el temps del PAPOM sempre és inferior a la resta, i el del *GOelan* sempre es troba entremig dels altres dos.

Aquesta diferència probablement és causada pel "salt generacional" que hi ha entre el control del torn i el *GOelan*, que fa que el programa generi un desplaçament d'avanç ràpid i el control no el sàpiga interpretar.

D'altra banda, hi ha una altra diferència que té una altra justificació, es tracta de la operació de cilindratge cònic.

En aquest cas, el problema prové de les diferències entre les trajectòries teòriques calculades pels dos programes i les realitzades en realitat. Els softwares prenen una trajectòria paral·lela a la peça (*Figura 8.98,a*), mentre que el torn realitza el con fent escalons molt petits (*Figura 8.98,b*).

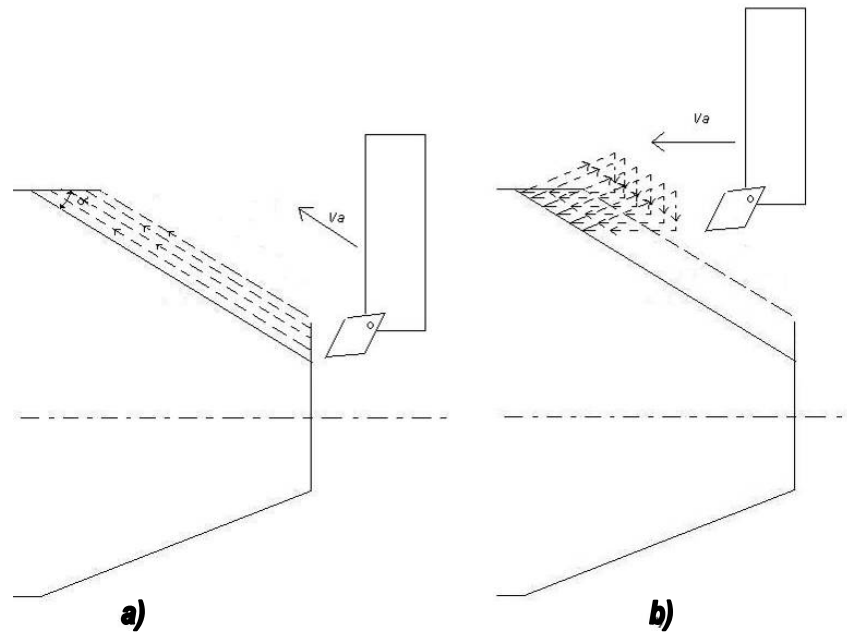


Figura 8.98. Diferències de les trajectòries pel cilindratge cònic.

És evident que en el segon cas el temps serà molt superior, ja que la distància recorreguda és major.

Tot i les diferències notables observades els resultats són correctes, ja que fruit d'aquests desajusts resulta més coherent comparar els temps del PAPOM amb els del *GOelan*. En aquest cas, els temps resulten ser força propers, mantenint un error relatiu màxim al voltant del 20%.

9. RESUM ECONÒMIC

El pressupost total del redisseny tècnic i adaptació del PAPOM, així com les seva validació i implementació al taller, incloses les despeses generals, el benefici industrial, la redacció del projecte i l'IVA, serà de:

-DOTZE MIL QUATRE-CENTS NOU EUROS AMB BUIT CÈNTIMS(12409,8 €)

El redactor,

Narcís Pellicer Sabadí
Girona, 17 de juny de 207

10. CONCLUSIONS

Analitzant els objectius marcats per aquest treball final de carrera, les conclusions finals són:

- Les millores aplicades al PAPOM han estat nombroses: S'ha passat de poder calcular els temps de només 5 operacions, a les 26 actuals. A més a més, la interfície gràfica que assisteix al càlcul d'aquests temps s'ha simplificat força, facilitant molt l'ús del programa pels usuaris i fent-lo més pràctic per ser utilitzat en empreses del sector.

D'altra banda, totes aquestes millores serveixen per deixar el programa perfectament apunt per ser utilitzat en pràctiques d'assignatures d'enginyeria de processos de fabricació, ja que l'aplicació que ha resultat és molt intuïtiva, dona resultats correctes i funciona d'una manera estable.

- La modelització del taller mecànic del GREP s'ha realitzat correctament. Tot i que no s'han entrat tots els elements del taller, s'ha establert una molt bona base entrant totes les màquines i un grup d'eines molt representatiu. A partir d'ara cada eina i/o màquina que entri al taller s'introduirà al programa.
- La validació de l'aplicació ha demostrat que ni un programa comercial contrastat com és el GOelan, amb tota la inversió i recursos que s'hi aporten, calcula uns temps molt pròxims als reals. Per tant, els temps que s'obtenen del PAPOM són molt correctes, ja que objectiu pel qual està pensat (realitzar un càlcul aproximat) es compleix perfectament.
- La mecanització de les 3 peces ha permès obtenir els temps de referència més importants, els temps reals del procés.

Gràcies a l'obtenció d'aquests temps es pot afirmar que els calculats per l'aplicació PAPOM són pròxims a la realitat i que el subsistema de planificació del procés funciona, a diferència d'abans, de forma correcta i estable. S'ha assolit el compromís entre senzillesa i precisió.

S'ha realitzat a més un aprenentatge de les tecnologies d'arranc de ferritxa. Aquest element no ha servit sols, per validar l'aplicació PAPOM, sinó per descobrir alguna de les particularitats d'integració i comunicació entre diferents tecnologies que es disposen actualment en el taller.

* **Nota:** S'ha creat una conta al servidor per poder utilitzar el programa. Cal connectar-se a l'aplicació "*Escriptori Remot*", buscar l'equip *tornasol.udg.edu* i entrar amb el nom d'usuari i contrassenya: *TFCNarcis*.

El redactor,

Narcís Pellicer Sabadí
Girona, 17 de juny de 2017

11. LÍNIES FUTURES

De cares a realitzar futures modificacions i millores al PAPOM, els punts més importants a seguir ampliant són:

- Realitzar la comparació dels temps de més operacions i amb diferents paràmetres tecnològics.
- Comprovar si l'algorisme de Halevi funciona correctament, mecanitzant peces amb els paràmetres que calcula i comprovar les rugositats obtingudes. Millora de l'algorisme en cas d'obtenir resultats incorrectes.
- Implementar l'algorisme de Halevi en les operacions dels grups 2 i 3.
- Permetre el càlcul de cons llargs.
- Permetre el càlcul de caixeres amb fresatge tangencial.
- Permetre diferenciar entre les eines de desbast i d'acabat d'una mateixa operació.
- Implementar les operacions dels grups 5 i 6.
- Modificar la conversió de dades que fa al PAPOM a l'excel perquè incorpori totes les modificacions realitzades.
- Millorar els subsistemes de Gestió de Vendes i Planificació de la producció, que actualment estan molt poc avançats.

12. DOCUMENTS DEL PROJECTE

Document 1: Memòria i Annex a la memòria.

13. BIBLIOGRAFIA

Llibres i articles:

Nelson D.H, Schneider G. APPLIED MANUFACTURING PROCESS PLANNING. Prentence Hall. Upper Saddle River, 2001.

Halevi G., Weill R.D. PRINCIPLES OF PROCESS PLANNING. Chapman & Hall. Gloucester,1995

Gu P., Norrie D.H. INTELLIGENT MANUFACTURING PLANNING. Chapman & Hall Gloucester,1995

Rehg J.A. COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING. Prentice Hall Career & Technology. Englewood Cliffs, 1994.

Calvet, J.V. TECNOLOGIA MECANICA I. Cpda-Etseib, 1991.

Ham I., Lu S.C-Y. COMPUTER AIDED PROCESS PLANNING: THE PRESENT AND THE FUTURE. *Annals of the CIRP* 37 (2) 591-601 ,1988.

Catàlegs:

Cataleg UNCETA 2006

Cataleg SANDVIK 2006

Treballs final de carrera:

Blanch R. APLICACIÓ PER LA PLANIFICACIÓ DEL PROCÉS D'UN TALLER DE MECANITZATS. Projecte / Treball fi de carrera. Enginyeria Industrial. Escola Politècnica Superior. Juny 2006.

Planas D. DISSENY ASSISTIT DE PROCESSOS PER A LA SELECCIÓ D'OPERACIONS I MÀQUINES. Projecte / Treball fi de carrera. Enginyeria Industrial. Escola Politècnica Superior. Setembre 2005.

Seoane X. PROGRAMA PEL CàLCUL DE TEMPS I COST PER A PROCESSOS D'ARRANC DE FERRITJA. Projecte / Treball fi de carrera. Enginyeria Industrial. Escola Politècnica Superior. Juliol 2001.

Material obtingut a la xarxa:

<http://eps.udg.es/oe/webmarti/WP%20CAPP.pdf>, 10 de gener de 2007

<http://www.unizar.es/euitiz/areas/areingpf/21206/desc/medrug.pdf>, 12 de març 2007

<http://isa.umh.es/asignaturas/tf/tema3.pdf> 19 març de 2007

<http://www.gildemeister.com/> 1 d'abril de 2007

14. ANNEX

ANNEX A. Càlculs de les operacions

A.1 Cilindratge cònic

Aquesta operació necessita tenir en compte l'angle del con per poder calcular tan el gruix com la longitud a mecanitzar.

Primer de tot, es necessita esquematitzar com es divideix el volum a mecanitzar en funció dels paràmetres d'angle α i de longitud del con (*Figura A. 1*).

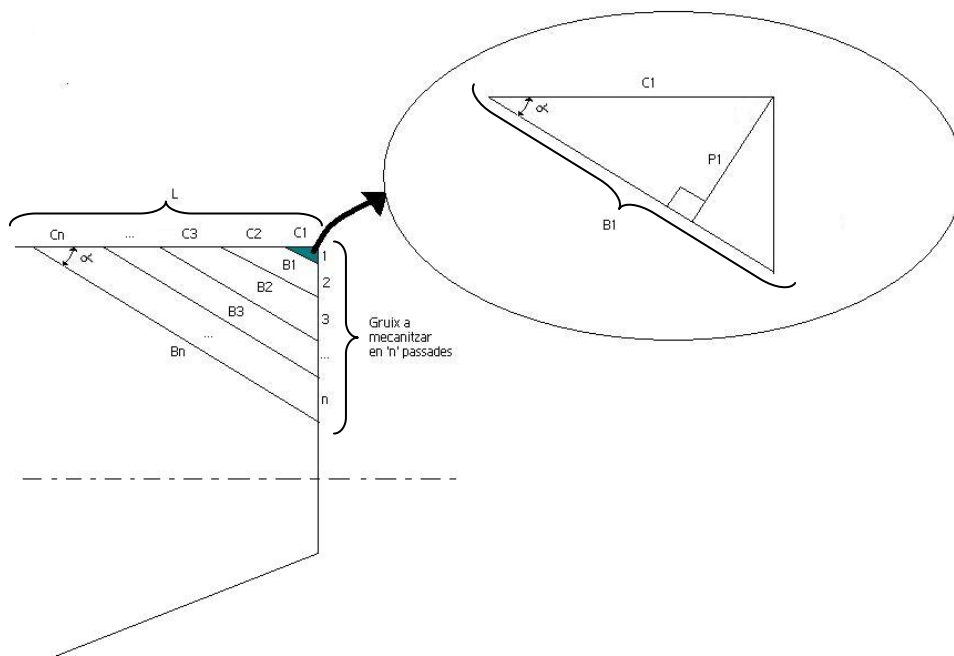


Figura A. 1. Esquema de la distribució de les passades en el cilindratge cònic.

En la resta d'operacions del grup 1, la variable "L" serveix per calcular directament la longitud a mecanitzar, i la diferència de diàmetres donarà el gruix a mecanitzar. En aquest cas, però, el fet de treballar de forma inclinada farà variar els càlculs de la següent manera:

Per calcular les diferents passades cal obtenir el gruix total a mecanitzar, i aquest es calcularà en el punt més desfavorable (*Eq A. 1*):

$$Gruix_a_mec = \sin \alpha \cdot L$$

Eq A. 1

Per calcular la longitud de tall total s'aplicarà el següent (Eq A. 2):

$$Ltall = B_1 + B_2 + \dots + B_n$$

Eq A. 2

On:

$$B_n = \frac{C_n}{\cos \alpha} \text{ i } C_n = \frac{P_n}{\sin \alpha}$$

Eq A. 3 i Eq A. 4

D'aquesta manera, els paràmetres de longitud de tall i gruix a mecanitzar es poden ja tractar com en la resta d'operacions d'aquest grup, aprofitant els càlculs que ja es realitzaven amb la operació de cilindratge.

A.2 Caixera circular

De totes les tipologies de caixeres, la circular és la única que necessita un càlcul nou que no es pot assimilar a cap operació ja implementada.

Es parteix de l'equació de l'espiral (Eq A. 5):

$$(X, Y) = (t \cdot \cos(t), t \cdot \sin(t))$$

Eq A. 5

Aquesta espiral té el valor 2π com a pas. Per modelitzar la trajectòria de l'eina durant el mecanitzat cal tenir un valor de pas igual al diàmetre de l'eina i per tant cal reescalar l'Eq A. 5 de la manera següent (Eq A. 6):

$$(X, Y) = \left(\frac{2r \cdot t}{2\pi} \cdot \cos(t), \frac{2r \cdot t}{2\pi} \cdot \sin(t) \right)$$

Eq A. 6

Amb aquesta expressió s'obté la modelització següent (*Figura A. 2*):

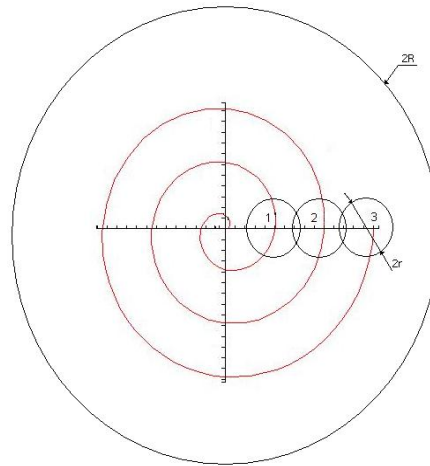


Figura A. 2. Modelització del recorregut de l'eina en una caixa circular.

Es veu com cada 360° el pas de l'espiral augmenta el diàmetre de l'eina ($2r$) i que a la última volta es realitzarà una circumferència perfecte per aconseguir una caixa circular. Es pot apreciar també l'efecte de la sobrepassada de l'eina (S) que fa que una part de la petjada de l'eina es faci sobre de l'anterior.

De cares a obtenir el temps de tall total, el que interessa és trobar la longitud de la corba, i per això cal aplicar (*Eq A. 7*) :

$$L = \int_{t=0}^{t=a} \sqrt{X'^2 + Y'^2} \cdot dt = \frac{r}{\pi} \int_{t=0}^{t=a} \sqrt{1 + t^2} \cdot dt \quad \text{Eq A. 7}$$

On:

$$a = \frac{\pi}{r} \cdot (R - r) \quad \text{Eq A. 8}$$

que serà el valor del paràmetre "t" en el punt final de l'espiral.

Avaluant l'*Eq A. 7* amb el programa *Maple*, el resultat és el següent (*Eq A. 10*):

$$L = \left(\frac{\pi}{2 \cdot r} \cdot (R - r) \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{\pi}{(1 - S) \cdot r} \cdot (R - r) \right)^2} + \frac{1}{2} \cdot \operatorname{arcsinh} \left(\frac{\pi}{r} \cdot (R - r) \right) \right) \frac{(1 - S) \cdot r}{\pi} + 2 \cdot \pi \cdot (R - r) \quad \text{Eq A. 9}$$

On:

r : radi de l'eina

S : sobreposició de l'eina en tant per 1.

R : radi de la caixa

El primer sumant dona la longitud de l'espiral i el segon sumant dona la longitud de la última volta circular per donar el perfil circular a la caixa.

El software de programació no permet programar la funció $\operatorname{arcsinh}()$, de manera que s'utilitza la igualtat de l'Eq A. 10 per poder implementar l' a l'algorisme de càlcul.

$$\operatorname{arcsinh}(b) = \ln \left(b + \sqrt{1 + (b)^2} \right) \quad \text{Eq A. 10}$$

ANNEX B. Catàlegs

B1. Catàlegs de les màquines

Deckel Maho 64V Linear (Figura A. 3 i Figura A. 4)

2. Datos técnicos		DECKEL MAHO <small>Geretsried GmbH</small>	
Resolución	mm	0,001	
Exactitud de entrada ejes X, Y y Z	mm	0,001	
Almacén de herramientas			
Número de alojamientos de herramientas		30	
Codificación de puestos		Codificación fija de puestos	
Peso de carga máx.	kg	90	
Tiempo entre virutas según VDI 2852 sin lógica de desbloqueo			
t_3	s	6,8	
t_2	s	6,8	
$t_1 (30)$	s	7,9	
Tiempo entre virutas según VDI 2852 con lógica de desbloqueo			
t_3	s	8,3	
t_2	s	8,3	
$t_1 (30)$	s	9,3	
Herramientas admisibles/almacén de herramientas			
Diámetro			
Herramientas estándar	máx. mm	100	
Portaherramientas CA 40			
Herramientas especiales	máx. mm	140	
en caso de puestos contiguos libres			
Portaherramientas CA 40			
Puentes de mandrinado		ver plano de colisión	
Longitud			
Portaherramientas CA 40	máx. mm	300	
Peso			
Portaherramientas CA 40	máx. kg	7	

Figura A. 3. Fulla de característiques del centre de mecanitzat.

Hoja de datos

Área de trabajo

Recorrido de desplazamiento de los ejes	X	mm	640
	Y	mm	600
	Z	mm	500

Avance

Fuerza de avance			
ejes X, Y y Z (40 % DC)	N		7000
Velocidad de avance			
ejes X, Y y Z máx.	m/min		40
Velocidad de marcha rápida			
Desbloquear el eje	Y, Z	m/min	40
	X	m/min	70
Husillo de bolas circulantes, ejes Y y Z			
Diámetro	mm		40
Paso	mm		15

Sistema de medición del recorrido

Exactitud de posicionamiento (valores máx. admisibles) según VDI/DGQ 3441, absolutos

Sistema de medición eje X

P_{\max}	mm	0,008
Sistema de medición directo (estándar)		

Sistema de medición ejes Y, Z

P_{\max}	mm	0,020
Sistema de medición indirecto (estándar)		
P_{\max}	mm	0,010
Sistema de medición directo (opcional)		

Figura A. 4. Fulla de característiques del centre de mecanitzat.

Torn Alecop CN Magnum (Figura A. 5)

1.- DESCRIPCIÓN

1.2.- CARACTERÍSTICAS

Las características técnicas de la máquina son las siguientes:

CARACTERÍSTICAS		MAGNUM
GENERALES		
DIMENSIONES EXTERIORES		LARGO 1310 mm
		ANCHO 750 mm
		ALTO 475 mm
PESO		260 Kg.
POTENCIA MÁXIMA INSTALADA		1,9 Kw
TORRETA PORTA-HERRAMIENTAS 8 POSICIONES		PROGRAMABLE
DIÁMETRO DE VOLTEO SOBRE BANCADA		220 mm
DIÁMETRO DE VOLTEO SOBRE CARRO		110 mm
CABEZAL		
POTENCIA MOTOR		1500 W
VELOCIDAD DE GIRO		300+3000 r.p.m.
PAR MOTOR		5 N/m
EJES X, Z		
RECORRIDOS MÁXIMOS	X	75 mm.
	Z	205 mm.
AVANCES MÁXIMO EJES		3000 mm/min.
AVANCES DE TRABAJO		1500 mm/min.
POTENCIA MOTORES DE ACCIONAMIENTO		140 W

Figura A. 5. Fulla de característiques del torn Magnum.

Torn mecànic paral·lel Pinacho (Figura A. 6)

MT91193 08-165		DESCRIPCIONES FUNCIONALES Y DIMENSIONALES				M	
		SP/165 S-90/165		SP/180 S-90/180			
		mm.	pulgadas	mm.	pulgadas		
CAPACIDAD							
Altura de puntos		165	6 1/2"	180	7"		
Distancia entre puntos		750-1000	30" - 40"	750-1000	30" - 40"		
Diámetro admitido sobre bancada		335	13 3/16"	380	14"		
Diámetro admitido sobre escote		490	19 1/4"	520	20 7/16"		
Diámetro admitido sobre carro longitudinal		310	12 3/16"	335	13 3/16"		
Diámetro admitido sobre carro transversal		175	6 7/8"	205	8 5/8"		
Anchura de la bancada		250	10"	250	10"		
Longitud del escote delante del plato liso		120	4 3/4"	120	4 3/4"		
CABEZAL							
Agujero de husillo principal		42	1 5/8"	42	1 5/8"		
Nariz del husillo principal		DIN 55022-5	Camlock nº5	DIN 55022-5	Camlock nº5		
Cono Morse del husillo principal		4	4	4	4		
AVANCES Y PASOS							
44 Avances longitudinales		0,05-0,75	0,0018-0,026"	0,05-0,75	0,0018-0,026"		
44 Avances transversales		0,025-0,375	0,0005-0,0076"	0,025-0,375	0,0005-0,0076"		
44 Pasos métricos		0,5-7,5	0,5-7,5	0,5-7,5	0,5-7,5		
44 Pasos Whitworth en hilos por "		60-4	60-4	60-4	60-4		
44 Pasos modulares		0,25-3,75	0,25-3,75	0,25-3,75	0,25-3,75		
44 Paso Diametral Pitch		120-8	120-8	120-8	120-8		
* Paso del husillo patron		6	4h1"	6	4h1"		
CARROS							
Recorrido del carro transversal		245	9 5/8"	245	9 5/8"		
Recorrido del carrillo		120	4 3/4"	120	4 3/4"		
Dimensiones máximas de la herramienta		16x16	5/8"x5/8"	20x20	3/4"x3/4"		
CONTRAPUNTO							
Diámetro de la caña del contrapunto		48	1 7/8"	48	1 7/8"		
Recorrido de la caña del contrapunto		140	5 1/2"	140	5 1/2"		
Cono Morse del contrapunto		3	3	3	3		
MOTOR							
Potencia de la motobomba en CV		0,07	0,07	0,07	0,07		
LUNETAS							
Capacidad de la fija mínima-máxima		10-115	3/8"-4 1/2"	10-115	3/8"-4 1/2"		
Capacidad de la móvil mínima-máxima		10-70	3/8"-2 1/4"	10-70	3/8"-2 1/4"		

	SP/165	SP/180	S-90/165	S-90/180
Velocidades del husillo en r.p.m.	9 60-2000	9 60-2000	18 30-2000	18 30-2000
Potencia del motor principal en CV	3	4	2,5/4,5	2,5/4,5

Figura A. 6. Fulla de característiques del torn Pinacho.

Torn CN Okuma LB-15 (Figura A. 7)

GAMA BÁSICA DE PRODUCTOS

	TORNOS SERIES LB						TORNOS FRONTALES	
	Modelo		LB10 //	LB15 //	LB25 //	LB35 //	LB45 //	LFS15-1SP/2SP
	Max. diámetro torneado	Ø mm	170	370	420	490	660	150
	Max. longitud de trabajo	mm	300	500, 1000	650, 1250	850, 1500, 2000	1000 ~ 3000	100
	Velocidad husillo	min ⁻¹ (rpm)	6000	4500	3500	3200	2800	4500
	Torreta	htas.	V12	V12	V12	V12	V12	V12
	Motor (VAC)	kw	7.5 / 5.5	15 / 11	15 / 11	30 / 22	37 / 30	11 / 7.5

TORNOS DE 4 EJES SERIES LU						TORNOS DOBLE CABEZAL		
Modelo		LU15	LU25	LU35	LU45	LT10	LT15	LT25
Max. diámetro torneado	Ø mm	360	420	550	660	210	210	300
Max. longitud de trabajo	mm	600	650, 1250	850, 1500, 2000	1000, 2000, 3000	130	200	300
Velocidad husillo	min ⁻¹ (rpm)	4500	3500	3200	2800	(L/R)*2 6000	4500	3800
Torreta (U/L)*1	htas.	V12/V8	V12/ V10	V12/ V10	V12/ V10	V12	V12	V12
Motor (VAC)	kw	22 / 15	22 / 15	30 / 22	37 / 30	(L/R) 7.5 / 5.5	15 / 11	22 / 15

TORNOS SERIES COMPACTAS LC							TORNOS PARA RUEDAS ALUMINIO			
Modelo		LCS-15 (E)	LCS-15H	LCS-25	LCC-15	LCC15-2S	Modelo		LAW-F	LAW-S
Máx. diámetro torneado	Ø mm	270	270	370	270	270	Máx. diámetro torneado	in	~ 18" x 10J"	20" x 11"
Máx. longitud de trabajo	mm	280 (480)	280	460	280	280	Velocidad husillo	min ⁻¹ (rpm)	3000	3000
Velocidad husillo	min ⁻¹ (rpm)	3000 (3510)	4200	3000	4200	4200	Torreta (U/L)	htas.	V12	V6 / V4
Torreta (U/L)	htas.	V8	V8	V8	V8	V8	Motor (VAC)	kw	37 / 30	55 / 45
Motor (VAC)	kw	7.5 / 5.5	7.5 / 5.5	11 / 7.5	7.5 / 5.5	7.5 / 5.5				

CENTROS DE MECANIZADO VERTICALES								
Modelo		MX-45VA (B)	MX-55VB	VR-40 //	MC-40VA (B)	MC-50VA	MC-60VA	VH-40
Mesa 1*	Ø mm	760 x 460	1300 x 560	900 x 450	1000 x 430	1300 x 510	1530 x 630	400 x 400
Recorridos (x-y-z)	mm	560 x 460 x 450	1050 x 560 x 450	560 x 410 x 450	762 x 430 x 450	1050 x 510 x 560	1250 x 630 x 610	560 x 450 x 450
Velocidad husillo	min ⁻¹ (rpm)	7000 (6000)	6000	8000	6000 (5000)	5000	5000	8000
Almacén	htas.	20	20	20	20	20	20	20
Motor (VAC)	kw	7.5 / 5.5 (11 / 7.5)	11 / 7.5	7.5 / 5.5 / 3.7	7.5 / 5.5	15 / 11	22 / 10.5	7.5 / 5.5 / 3.7

CENTROS DE MECANIZADO HORIZONTALES							
Modelo		MX-40HA	MX-50HB	MX-60HB	MC-400H	MC-500H (800H)	MC-800H (1000H)
Medidas palet	Ø mm	400 x 400	500 x 500	630 x 630	400 x 400	500 x 500 (630 x 630)	800 x 800 (1000 x 1000)
Recorridos (x-y-z)	mm	560 x 610 x 560	700 x 800 x 700	1000 x 800 x 810	580 x 460 x 510	720 x 630 x 630 (1000 x 800 x 750)	1250 x 1000 x 850 (1600 x 1300 x 1100)
Velocidad husillo	min ⁻¹ (rpm)	7000	5000	5000	7000	5000	4500
Almacén	htas.	30	40	40	32	40	40
Motor (VAC)	kw	11 / 7.5	20 / 15	20 / 15	11 / 7.5	22 / 18.5	22 / 15

Figura A. 7. Fulla de característiques del torn Okuma.

Fresadora mecànica Fexac Model UP (Figura A. 8)**CARACTERÍSTICAS GENERALES****EQUIPO STANDARD**

Eje porta-fresas de 22 mm, con su tirante de fijación. Doble soporte de eje porta-fresas. Instalación completa de refrigeración. Equipo eléctrico de guarda-motor, contactores y motores. Juego de llaves y libro de instrucciones.

EQUIPO EXTRA

Cabezal vertical super-universal tipo B, soporte articulado para cabezal vertical y aparato de mortajar (según descripción pag. 3). Aparato divisor de 130 mm de altura, platos giratorios, mordazas giratorias de 150 y 200 mm, juego de pinzas, ejes porta-fresas de 16 y 27 mm, reductores y ejes de arrastre prolongados para cabezal vertical y bandeja recoje-virutas.

M E S A

Superficie útil, mm	1.100 x 240
Número y ancho de ranuras en "T", mm	3 x 14 H-7
Distancia entre ranuras en "T", mm	60
Giro en los dos sentidos	45°

CURSOS

Longitudinal automático, mm	825
Transversal automático, mm	250
Vertical automático, mm	425
Distancia mínima y máxima entre centro del mandrino y mesa, mm	0-425

MANDRINO

Cono de husillo	ISO-40
Número de velocidades	12
Mínima y máxima, r.p.m.	48-1.500
Distancia entre centro de eje y carnero, mm	140

AVANCES

Número de avances	12
Longitudinal y transversal, mínimo y máximo, mm	11-500
Vertical, mínimo y máximo, mm	4,4-200
Rápido longitudinal y transversal, mm	2.500
Rápido vertical, mm	1.000

MOTORES

Motor principal, CV.	3
Motor de avances, CV.	1,5
Moto-bomba de refrigeración, CV.	0,10

P E S O

Peso neto aproximado, kgs.	1.350
Peso bruto con embalaje marítimo, kgs.	1.550

EMBALAJE

Dimensiones del embalaje marítimo 1.830 x 1.410 x 1.380 = 3.560 m³

Las características reseñadas son susceptibles de modificación de acuerdo con las exigencias de la técnica.

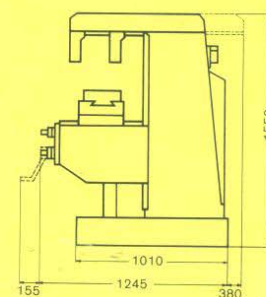
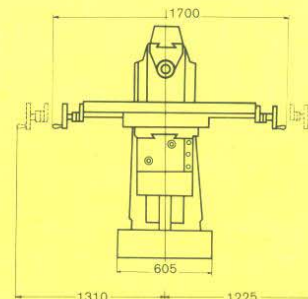
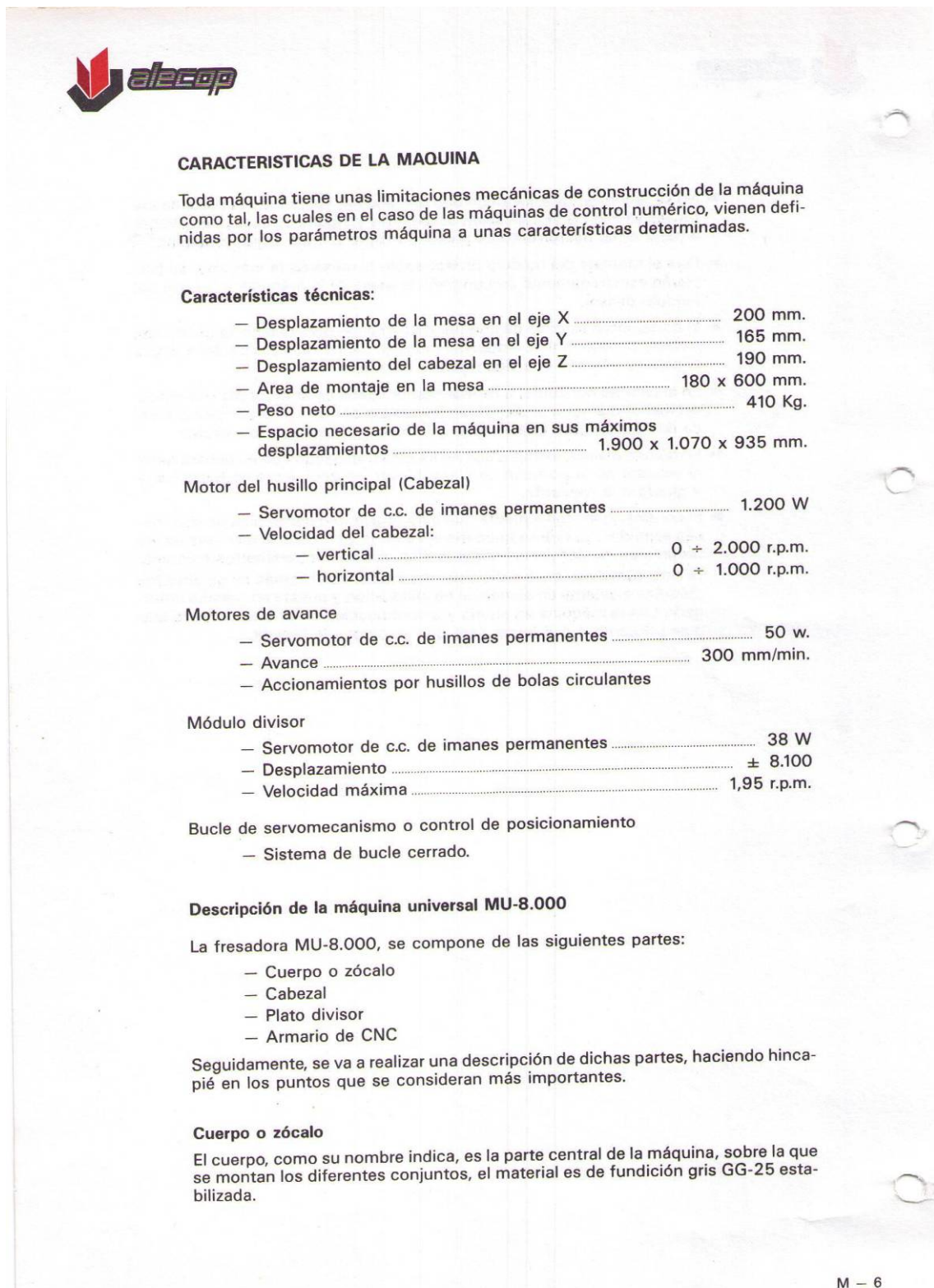


Figura A. 8. Fulla de característiques de la fresa Fexac

Fresadora CN Alecop MU-8000 (Figura A. 9)**Figura A. 9.** Fulla de característiques de la fresa Alecop

Trepant Quantum B-30 (Figura A. 10)

Technische Daten

quantum
MASCHINEN · GERMANY

2 Technische Daten

2.1 Typschilder

quantum
MASCHINEN · GERMANY
Getriebe-Säulenbohrmaschine
B 28 GS

quantum
MASCHINEN · GERMANY
Getriebe-Säulenbohrmaschine
B 30 GS

quantum
MASCHINEN · GERMANY
Getriebe-Tischbohrmaschine
B 30 GT

Abb.2-1: Typenschilder

Die folgenden Daten sind Maß- und Gewichtsangaben und die vom Hersteller genehmigten Maschinendaten.

Elektrischer Anschluss	B 28 GS	B 30 GS	B 30 GT
Gesamt-Anschlusswert	3 x 400 V; 50 Hz; 0,75 KW		
zulässige Spannungstoleranz	380 V - 420 V		
Schutzart	IP 54		

Bohrleistung	B 28 GS	B 30 GS	B 30 GT
Bohrleistung in Stahl [mm]	30		
Bohrleistung in Grauguß [mm]	38		
Ausladung [mm]	225	315	225

Spindelaufnahme	B 28 GS	B 30 GS	B 30 GT
Spindelaufnahme	MK3		
Pinolenhub [mm]	140		

Bohrtisch	B 28 GS	B 30 GS	B 30 GT
Bohrtischgröße [mm]	Ø 390	415 x 320	300 x 305
T-Nutengröße [mm]	14		
maximaler Abstand [mm] Bohrspindel - Bohrtisch	600	660	
maximaler Abstand [mm] Bohrspindel - Fuss	1075	1200	405

© 2001

Stand 17. April 2002

Version 1.1 B28GS B30GS B30GT Getriebebohrmaschine Seite 13

Figura A. 10. Fulla de característiques del trepant Ibarmia

Serra JET HVBS-812R (Figura A. 11)**JET****HVBS-812R METAL BANDSAW****GB**
Operating Instructions**D**
Gebrauchsanleitung**F**
Mode d'emploi**4. Machine specifications****4.1 Technical data**

Wheel diameter	290 mm
Cutting capacity 90°	dia. 200mm 305 x 180mm
Cutting capacity 45°	dia. 127mm 125 x 120 mm
Vice adjustment	0° - 45°
Sawblade length	2362 mm
Blade width	19 - 20 mm
Blade thickness	0,9 mm
Cutting speeds	25/ 40/ 60/ 80 m/min
Coolant tank	10 litre
Coolant pump	0,13 HP
Weight	125 kg
Mains	230V ~1/N/PE 50Hz
Output power	0,55 kW (3/4 HP)-S1
Reference current	6 A
Extension cord (H07RN-F):	3x1,5mm ²
Installation fuse protection	10 A

**WMH Tool Group AG**

Bahnstrasse 24, CH - 8603 Schwerzenbach
www.wmhtoolgroup.ch; info@wmhtoolgroup.ch
Tel +41 (0) 1 806 47 48
Fax +41 (0) 1 806 47 58



M-50000300M 05/03

Figura A. 11. Fulla de característiques de la serra de cinta JET

Eines de torn (Figura A. 13)

Garant Torneado ISO Plaquetas positivas (7°)

Continuación ►

CCGT/CCMT para Alu, Acero/Fundición/Inox

Geometría: P Stahl K Guss M Inox Ne Metalle

Tamaño = Rompevirutas	SF	SS	SM	VF	VM	ALX	
26 0220 CCGT 060202	—	—	—	—	—	7,56	10 Ud.
26 0222 CCGT 060202	—	—	—	—	—	8,34	10 Ud.
26 0240 CCGT 060204	—	—	—	—	—	7,56	10 Ud.
26 0260 CCGT 060204	—	—	—	—	—	8,34	10 Ud.
26 0320 CCGT 09T302	—	—	—	—	—	7,86	10 Ud.
26 0322 CCGT 09T302	—	—	—	—	—	8,64	10 Ud.
26 0350 CCGT 09T304	—	—	—	—	—	7,86	10 Ud.
26 0355 CCGT 09T304	—	—	—	—	—	8,64	10 Ud.

Garant y HOLEX Torneado ISO Plaquetas positivas (7°)

Continuación ►

Ejecución:

- Máxima precisión de cambio por sinterizado de precisión.
- Materiales de corte, recubrimientos y rompevirutas optimados para amplia gama de aplicaciones.
- Máxima resistencia al desgaste por la utilización de recubrimientos de alta calidad en varias capas (PVD, y CVD).
- Máxima seguridad de producción por la utilización de metales duros y Cermets de máxima calidad y los más estrictos controles de calidad.

Geometría	P Acero	M Inox/Inoxidable	K Fundición gris	N Metales no férricos	S Ti	H*
Fino	SF (SS) HB 7025 (HB 7135)	VF (ALX) CU 7033 (HB 70AL)	VF (SS) CU 7033 (CU 7733)	ALX (ALX) HU 70AL (HB 70AL)	(ALX) (HB 70AL)	F CBN 710 (CBN 720)
Selección universal Medio	SM (SM) HB 7025 (HB 7010)	VM HB 7135	SM HB 7010	ALX (ALX) HU 70AL (HB 70AL)		G (T) CBN 725 (CBN 725)

DCGT/DCMT para Acero/Fundición, VA, Alu

Geometría: P Stahl K Guss M Inox Ne Metalle

Tamaño = Rompevirutas	SF	SS	SM	VF	VM	ALX	
26 2020 DCGT 070202	—	—	—	—	—	8,03	10 Ud.
26 2022 DCGT 070202	—	—	—	—	—	8,84	10 Ud.
26 2040 DCGT 070204	—	—	—	—	—	8,03	10 Ud.
26 2050 DCGT 070204	—	—	—	—	—	8,84	10 Ud.

Garant Plaquetas para roscado Plaquetas

Ejecución:

- Máxima estabilidad de canto de corte, dada que es una plaqueta con corte negativo y robusto
- Amplio espectro de aplicación mediante la geometría optimizada, universal, de rotura de viruta
- Máxima precisión de repetición por estar fabricada con sinterización y rectificado de precisión
- Compatible con otros fabricantes de los siguientes tamaños de plaquetas:
 L = 9,3 mm (corresponde a tamaño de plaqueta de 5 mm); S=2,42 mm
 L = 11 mm (corresponde a tamaño de plaqueta de 1/4"); S=3,17 mm
 L = 16 mm (corresponde a tamaño de plaqueta de 3/8"); S=3,60 mm
 L = 22 mm (corresponde a tamaño de plaqueta de 1/2"); S=4,76 mm

Tolerancia:

Norma	GARANT	Clase de tolerancia
ISO	ISO	6g/6H
BSW	W	Clase media A
BSP	W	Clase media

Material	P (Acero)	P (Acero)	M (INOX)	M (INOX)	K	N	N	N 50PK	S	H	H	H		
HB 7135	●	○	●	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○
HB 7020	●	●	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○

60° ISO métrica, perfil total

Norma: R262 (DIN 13). Tolerancia 6g/6H.

27 0720 / 0730 ER/ HB 7135

27 0725 / 0735 ER/ HB 7020

27 0755 / 0765 IR/ HB 7135

27 0760 / 0770 IR/ HB 7020

27 0750 IR/ HB 7135

Tamaño = Tipo de rosca / paso	60/0,5	60/0,75	60/1,0	60/1,25	60/1,5	60/1,75	60/2,0	60/2,5	60/3,0	60/3,5	60/4,0	60/4,5	60/5,0
27 0720 Plaqueta exterior derecha L=16 (3/8")	14,24	14,24	14,24	14,24	14,24	14,24	14,24	14,24	14,24	—	—	—	10 Ud.

Figura A. 13. Eines de torn

Avellanadors (Figura A. 14)

Avellanador plano DIN con pitón para agujero pasante														
HSS	Z 3	DIN 373												
Ejecución: Avellanador de 3 labios con ranura helicoidal. El Ø pitón está adaptado al cometido de cada caso. f - Para agujero pasante con calidad fin a según DIN ISO 273. m - Para agujero pasante con calidad media según DIN ISO 273. Aplicación: Para avellanados para tornillos Allen DIN 912, 6912, 7964 y tornillos cilíndricos con ranura ISO DIN 1207 (DIN 84).														
Con mango cilíndrico														
Material	Alu Thermo Pl.	Alu 6061	Alu 6063	Alu 7075	Alu 7075	Alu 7075	Alu 7075	Alu 7075	Alu 7075	Alu 7075	Alu 7075	Alu 7075	Alu 7075	Alu 7075
15 6020														
Tamaño = Ø avellan. x Ø pitón	mm	6,5x3,2	6,5x3,4	6,5x3,7	6,5x3,9	8x4,3	8x4,5	10x5,3	10x5,5					
Para tornillos/calid. agujer.	mm	M 3/f	M 3/m	M 3,5/f	M 3,5/m	M 4/f	M 4/m	M 5/f	M 5/m					
Longitud Total	mm	71	71	71	71	71	71	80	80					
Ø del mango	mm	5	5	5	5	5	5	8	8					
Tamaño = Ø avellan. x Ø pitón	mm	11x6,4	11x6,6	15x8,4	15x9	18x10,5	18x11	20x13	20x13,5					
Para tornillos/calid. agujer.	mm	M 6/f	M 6/m	M 8/f	M 8/m	M 10/f	M 10/m	M 12/f	M 12/m					
Longitud Total	mm	80	80	100	100	100	100	100	100					
Ø del mango	mm	8	8	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5					

Figura A. 14. Avellanadors**Freses (Figura A. 15 i Figura A. 16)**

Fresa larga para agujeros largos (fresas para chaveteros)														
HSS	DIN 844-B	Typ N	Z 2											
Ejecución: Longitud total según DIN 844 largo. Longitud de corte según DIN 844 corta. Con corte al centro.														
Aplicación: Para materiales de normales a resistentes. Para fresar chaveteros o para fresar en el centro de la pieza, ya que con esta fresa se puede taladrar primero verticalmente y desplazar después lateralmente.														
Material	Alu Thermo Pl.	Alu 6061	Alu 6063	Alu 7075	Alu 7075	Alu 7075	Alu 7075	Alu 7075	Alu 7075	Alu 7075	Alu 7075	Alu 7075	Alu 7075	Alu 7075
19 1080														
Tamaño = Ø e 8 D _c mm		19 1080												
Fresa larga para agujeros largos														
Longitud de corte L _s mm														
Longitud total L _{ges} mm														
Mango Ø h 6 D _s mm														
2	12,31	7	54	6										
2,5	12,31	8	56	6										
3	11,44	8	56	6										
3,5	12,31	10	59	6										
4	11,44	11	63	6										
4,5	12,31	11	63	6										
5	11,44	13	68	6										
5,5	12,31	13	68	6										
6	11,44	13	68	6										
6,5	17,56	16	80	10										
7	17,56	16	80	10										
7,5	17,56	16	80	10										
8	16,25	19	88	10										
8,5	17,56	19	88	10										
9	17,56	19	88	10										
9,5	17,56	19	88	10										
10	16,25	22	95	10										
11	24,44	22	102	12										
12	18,81	26	110	12										
13	31,50	26	110	12										
14	32,50	26	110	12										
15	38,63	26	110	12										
16	38,63	32	123	16										
17	47,—	32	123	16										
18	49,63	32	123	16										
19	51,—	38	141	20										
20	51,—	38	141	20										
22	70,75	38	141	20										
24	88,50	45	166	25										
25	88,50	45	166	25										
26	112,50	45	166	25										
28	123,75	45	166	25										
30	131,88	45	166	25										
32	145,—	53	186	32										
36	191,25	53	186	32										
40	210,—	63	217	32										

Figura A. 15. Freses

Garant y HOLEX. Fresa de desbaste de 3 labios

Ejecución: Perfil "Kordel" destalonado. Un diente frontal con corte al centro.

19 2400 - Sin recubrimiento, para materiales normales a resistentes.

19 2445 - Para un máximo rendimiento.

19 2450 - Alternativa económica respecto de la 19 2440.

Aplicación: Para materiales normales hasta resistentes. Fresa universal para fresar en contorno o verticalmente terminando con desplazamiento lateral. Frente a las fresas de varios filos, mejor expulsión de viruta porque los espacios son mayores.

HSS-Co8 19 2400

HSS-PM 19 2445

HSS-Co8 19 2450

Material	Alu Thermo Pl	Alu Guss	Alu Guss	Alu Guss	Alu Guss	Alu Guss	Alu Guss	Alu Guss	Alu Guss	INOX	INOX	TI	GG(G)	CuZn	Grafito G/CPK Duro Pl	Uni	max.	min.	Aire
19 2400	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
19 2445	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
19 2450	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Tamaño Ø js 12	19 2400	19 2445	19 2450	Longitud de corte	Longitud total	Mango Ø h 6
mm	HSS-Co8	HSS-PM	HSS-Co8	mm	mm	mm
6	22,38	28,13	22,81	13	57	6
7	23,94	30,63	24,94	16	66	10
8	24,25	30,63	24,94	19	69	10
9	27,13	31,50	28,88	19	69	10
10	25,13	31,50	27,13	22	72	10
11	30,13	38,—	32,13	22	79	12
12	30,13	38,—	32,13	26	83	12
14	33,13	46,75	37,63	26	83	12
15	34,63	50,75	44,50	26	83	12
16	37,63	50,75	44,50	32	92	16

Tamaño Ø js 12	19 2400	19 2445	19 2450	Longitud de corte	Longitud total	Mango Ø h 6
mm	HSS-Co8	HSS-PM	HSS-Co8	mm	mm	mm
18	43,63	64,25	54,13	32	92	16
20	52,63	73,25	61,63	38	104	20
22	63,25	101,75	74,50	38	104	20
25	77,50	106,50	88,—	45	121	25
28	89,—	—	—	45	121	25
30	107,—	150,—	126,25	45	121	25
32	128,75	—	—	53	133	32
40	170,63	—	—	63	155	32

Garant Fresa de radios larga

Ejecución: Para corte al centro.

19 4322 - Para un máximo rendimiento.

19 4350 - Para un elevado rendimiento.

Aplicación: Para materiales de normales a resistentes.

Para fresar ranuras semicirculares o rebajes con transición de radio. Adecuadas como fresa de copiar y en la construcción de moldes.

HSS-PM 19 4322

HSS-Co8 19 4350

Material	Alu Thermo Pl	Alu Guss	Alu Guss	Alu Guss	Alu Guss	Alu Guss	Alu Guss	Alu Guss	Alu Guss	INOX	INOX	TI	GG(G)	CuZn	Grafito G/CPK Duro Pl	Uni	max.	min.	Aire
19 4322	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
19 4350	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Tamaño = Ø e 8	19 4322	19 4350	Longitud de corte	Longitud total	Mango Ø h 6
mm	HSS-PM	HSS-Co8	mm	mm	mm
3	25,41	23,38	8	56	6
4	25,41	23,38	11	63	6
5	26,24	23,94	13	68	6
6	28,16	26,—	13	68	6
7	29,82	28,50	16	80	6
8	36,99	32,88	19	88	8
9	31,62	—	19	88	8
10	39,04	34,25	22	95	10
11	36,99	35,—	22	102	10
12	44,67	38,88	26	110	12
13	47,36	—	26	110	12
14	54,02	43,63	26	110	12

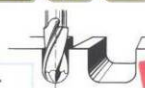
Tamaño = Ø e 8	19 4322	19 4350	Longitud de corte	Longitud total	Mango Ø h 6
mm	HSS-PM	HSS-Co8	mm	mm	mm
15	55,68	48,75	26	110	14
16	66,56	60,38	32	123	16
17	109,06	65,50	32	123	16
18	66,56	66,75	32	123	16
19	128,—	—	32	123	16
20	89,09	80,50	38	141	16
22	98,82	—	38	141	20
24	104,70	101,—	45	166	20
25	107,71	—	45	166	25
26	148,48	—	45	166	25
28	157,44	148,75	45	166	25
30	139,52	133,13	45	166	25
32	167,68	—	53	186	32

Garant Fresa de radios larga

HSS PM HSS Co8 Typ N Z 2 30° DIN 1835-B

Ejecución: Para corte al centro.
 19 4322 - Para un máximo rendimiento.
 19 4350 - Para un elevado rendimiento.

Aplicación: Para materiales de normales a resistentes. Para fresar ranuras semicirculares o rebajes con transición de radio. Adecuadas como fresa de copiar y en la construcción de moldes.



HSS-PM 19 4322



HSS-Co8 19 4350

Material	Alu Thermo Pl	Alu Guss	Alu Guss	Alu Guss	Alu Guss	Alu Guss	Alu Guss	Alu Guss	Alu Guss	INOX	INOX	TI	GG(G)	CuZn	Grafito G/CPK Duro Pl	Uni	max.	min.	Aire
19 4322	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
19 4350	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Tamaño = Ø e 8	19 4322	19 4350	Longitud de corte	Longitud total	Mango Ø h 6
mm	HSS-PM	HSS-Co8	mm	mm	mm
3	25,41	23,38	8	56	6
4	25,41	23,38	11	63	6
5	26,24	23,94	13	68	6
6	28,16	26,—	13	68	6
7	29,82	28,50	16	80	6
8	36,99	32,88	19	88	8
9	31,62	—	19	88	8
10	39,04	34,25	22	95	10
11	36,99	35,—	22	102	10
12	44,67	38,88	26	110	12
13	47,36	—	26	110	12
14	54,02	43,63	26	110	12

Tamaño = Ø e 8	19 4322	19 4350	Longitud de corte	Longitud total	Mango Ø h 6
mm	HSS-PM	HSS-Co8	mm	mm	mm
15	55,68	48,75	26	110	14
16	66,56	60,38	32	123	16
17	109,06	65,50	32	123	16
18	66,56	66,75	32	123	16
19	128,—	—	32	123	16
20	89,09	80,50	38	141	16
22	98,82	—	38	141	20
24	104,70	101,—	45	166	20
25	107,71	—	45	166	25
26	148,48	—	45	166	25
28	157,44	148,75	45	166	25
30	139,52	133,13	45	166	25
32	167,68	—	53	186	32

Figura A. 16. Freses

Broques (Figura A. 17, a Figura A. 19)

Garant y HOLEX. Broca helicoidal rectificada

HSS

DIN 338

a partir de 2 mm

Typ
W

11 4200

Ejecución: Nucleo normal sin conicidad.
Vaciado de la punta según DIN 1412, forma A.

11 4200 - Ranuras rectificadas y amplias con estrecha concavidad. Superficie brillante.

11 4360 - Perfil rectificado: gran precisión de concentricidad.

Broca para la producción.

Recubrimiento de TiN en la zona principal de corte.

a partir de 2,4 mm

Typ
N

11 4360

Material	Alu Thermo Pl. G2/G22	Alu G15	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G10	Alu G
----------	-----------------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	-------

Figura A. 17. Broques

Ejecución: Superficie con tratamiento especial que evita "filo de aportación" y mejora la salida de viruta.

11 6340 - Broca helicoidal de alto rendimiento de primera calidad. La zona de los labios ha sido rectificada hasta Ø 26,5 mm y por encima fresaado. Por lo cual esta broca tiene una gran precisión de concentricidad, división y exacto afilado de la punta. A partir de Ø 8 mm vaciado de la punta según DIN 1412 forma A.

11 6350 - Con geometría especial para rotura de viruta en las cavidades de viruta, afilado especial de la punta.

Material	Alu Thermo Pl.	Alu 6061	Alu 6063	Alu 6061 +10% Si	<500 N	>750 N	<900 N	<1100 N	<1400 N	<53 HRC	<60 HRC	<67 HRC	INOX <500 N	INOX >500 N	Ti >850 N	GG(G)	CuZn	Grafito GICFK Duro Pl.	Unl	máx.	mín.	A
11 6340		○		●	●	●							○									
11 6350		○		●	●	●							○									

Ø h8 mm	11 6340 Broca helicoidal N	11 6350 Broca helicoidal NW	HSS	Longitud de helice mm	Total mm	Mango CM
5	13,48	—	—	52	133	1
5,5	13,31	—	—	57	138	1
6	13,92	—	—	57	138	1
6,5	13,59	—	—	63	144	1
7	13,48	—	—	69	150	1
7,5	13,59	—	—	69	150	1
8	13,04	—	—	75	156	1
8,5	14,74	—	—	75	156	1
9	14,36	—	—	81	162	1
9,5	15,90	—	—	81	162	1
9,8	23,54	—	—	87	168	1
10	14,63	—	—	87	168	1
10,25	21,34	—	—	87	168	1
10,5	15,13	—	—	87	168	1
10,75	21,12	—	—	94	175	1
11	15,62	—	—	94	175	1
11,25	19,91	—	—	94	175	1
11,5	18,15	—	—	94	175	1
11,75	20,85	—	—	94	175	1
12	16,17	20,24	—	101	182	1
12,25	21,12	—	—	101	182	1
12,5	17,05	21,51	—	101	182	1
12,75	21,12	—	—	101	182	1
13	17,71	22,25	—	101	182	1
13,25	21,67	—	—	108	189	1
13,5	20,13	25,42	—	108	189	1
13,75	22,88	—	—	108	189	1
14	18,65	23,46	—	108	189	1
14,25	28,27	—	—	114	212	2
14,5	19,53	24,50	—	114	212	2
14,75	30,03	37,72	—	114	212	2
15	20,85	26,11	—	114	212	2
15,25	27,83	35,08	—	120	218	2
15,5	22,33	27,95	—	120	218	2
15,75	25,30	31,97	—	120	218	2
16	22,33	27,95	—	120	218	2
16,25	34,12	42,95	—	127	233	2
16,5	24,12	30,95	—	127	233	2
16,75	37,12	45,15	—	127	233	2
17	26,12	32,95	—	127	233	2
17,25	39,12	47,15	—	127	233	2
17,5	27,12	34,95	—	127	233	2
17,75	42,12	50,15	—	127	233	2
18	28,12	35,95	—	130	228	2
18,25	31,68	—	—	135	235	2
18,5	29,26	36,80	—	135	233	2
18,75	34,10	43,01	—	135	233	2
19	29,04	36,46	—	135	233	2
19,25	36,41	—	—	140	238	2
19,5	33,66	41,98	—	140	238	2
19,75	37,84	47,61	—	140	238	2
20	30,80	38,87	—	140	238	2
20,25	41,69	—	—	145	243	2
20,5	32,67	40,94	—	145	243	

Figura A. 18. Broques

Garant Broca helicoidal, mango cilíndrico

Ejecución: Angulo de hélice, espesor del núcleo y aumento normal. Perfil afilado; broca helicoidal con precisión de redondez y paso, así como preciso afilado de la punta, con superficie en blanco. Broca para producción.

Nota: Tam. 16-20: broca con Ø mango 16 mm.

Material	Alu Thermo PL	Alu	Alu Guss	>10% Si	<-50 N	<-750 N	<-900 N	<-1100 N	<-1400 N	<-5 HRC	<-60 HRC	<-67 HRC	<-900 N	<-900 N	>-850 N	GG(G)	CuZn	Grafito GICF Duro PL	Uni	max.	min.	Aire
11 4050	○	○			●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	●	●	●	●
11 4100					●	●	●	○								○	○	○	●	●	●	●

Tam. Ø h8	11 4050	11 4100	Long. de hélice	Long. Total	Tam. Ø h8	11 4050	11 4100	Long. de hélice	Long. Total	Tam. Ø h8	11 4050	11 4100	Long. de hélice	Long. Total	Tam. Ø h8	11 4050	11 4100	Long. de hélice	Long. Total	
mm	N	STD	mm	mm	mm	N	STD	mm	mm	mm	N	STD	mm	mm	mm	N	STD	mm	mm	
0,2	2,45	—	10 ud.	2,5	19	4,1	1,04	1,29	10 ud.	43	75	9,1	3,38	4,41	5 ud.	81	125	5 ud.	81	125
0,3	1,69	—	10 ud.	3	19	4,2	0,92	1,13	10 ud.	43	75	9,2	3,38	4,41	5 ud.	81	125	5 ud.	81	125
0,35	1,69	—	10 ud.	4	19	4,25	—	0,68	10 ud.	43	75	9,25	—	2,68	5 ud.	81	125	5 ud.	81	125
0,4	1,46	—	10 ud.	5	20	4,3	1,06	1,68	10 ud.	47	80	9,3	3,42	4,43	5 ud.	81	125	5 ud.	81	125
0,45	1,46	—	10 ud.	5	20	4,4	1,06	1,68	10 ud.	47	80	9,35	3,99	—	5 ud.	81	125	5 ud.	81	125
0,5	1,32	—	10 ud.	6	22	4,5	0,94	0,70	10 ud.	47	80	9,4	3,42	2,51	5 ud.	81	125	5 ud.	81	125
0,55	1,32	—	10 ud.	7	24	4,6	1,06	1,33	10 ud.	47	80	9,5	3,40	2,48	5 ud.	81	125	5 ud.	81	125
0,6	1,28	—	10 ud.	7	24	4,65	1,25	—	10 ud.	47	80	9,6	3,80	4,89	5 ud.	87	133	5 ud.	87	133
0,65	1,28	—	10 ud.	8	26	4,7	1,07	1,37	10 ud.	47	80	9,7	3,80	4,89	5 ud.	87	133	5 ud.	87	133
0,7	1,22	—	10 ud.	9	28	4,75	—	0,80	10 ud.	47	80	9,75	—	3,03	5 ud.	87	133	5 ud.	87	133
0,75	1,22	—	10 ud.	9	28	4,8	1,10	1,39	10 ud.	52	86	9,8	4,19	5,41	5 ud.	87	133	5 ud.	87	133
0,8	1,15	—	10 ud.	10	30	4,9	1,14	1,42	10 ud.	52	86	9,9	4,19	5,41	5 ud.	87	133	5 ud.	87	133
0,85	1,15	—	10 ud.	10	30	5	0,93	0,74	10 ud.	52	86	10	3,59	2,65	5 ud.	87	133	5 ud.	87	133
0,9	1,08	—	10 ud.	11	32	5,1	1,17	1,47	10 ud.	52	86	10,1	4,47	5,66	5 ud.	87	133	5 ud.	87	133
0,95	1,08	—	10 ud.	11	32	5,2	1,17	1,47	10 ud.	52	86	10,2	4,55	—	5 ud.	87	133	5 ud.	87	133
1	0,93	0,65	10 ud.	12	34	5,25	—	0,93	10 ud.	52	86	10,25	—	3,67	5 ud.	87	133	5 ud.	87	133
1,05	0,92	1,12	10 ud.	12	34	5,3	1,17	1,47	10 ud.	52	86	10,3	5,57	—	5 ud.	87	133	5 ud.	87	133
1,1	0,92	0,99	10 ud.	14	36	5,4	1,36	1,72	10 ud.	57	93	10,4	5,57	—	5 ud.	87	133	5 ud.	87	133
1,15	0,92	1,15	10 ud.	14	36	5,5	1,29	0,98	10 ud.	57	93	10,5	4,67	3,45	5 ud.	87	133	5 ud.	87	133
1,2	0,92	1,02	10 ud.	16	38	5,55	1,68	—	10 ud.	57	93	10,6	6,27	—	5 ud.	87	133	5 ud.	87	133
1,25	0,92	0,57	10 ud.	16	38	5,6	1,37	1,73	10 ud.	57	93	10,7	6,27	—	5 ud.	94	142	5 ud.	94	142
1,3	0,92	0,95	10 ud.	16	38	5,7	1,39	1,76	10 ud.	57	93	10,75	—	4,47	5 ud.	94	142	5 ud.	94	142
1,35	0,92	1,43	10 ud.	18	40	5,6	1,37	1,73	10 ud.	57	93	10,75	—	4,47	5 ud.	94	142	5 ud.	94	142
1,4	0,92	0,91	10 ud.	18	40	5,75	—	1,28	10 ud.	57	93	10,8	6,56	—	5 ud.	94	142	5 ud.	94	142
1,45	0,92	1,09	10 ud.	18	40	5,8	1,41	1,81	10 ud.	57	93	10,9	6,27	—	5 ud.	94	142	5 ud.	94	142
1,5	0,79	0,50	10 ud.	18	40	5,9	1,45	1,83	10 ud.	57	93	11	5,37	4,03	5 ud.	94	142	5 ud.	94	142
1,55	0,92	0,92	10 ud.	20	43	6	1,29	1,01	10 ud.	57	93	11,1	6,50	—	5 ud.	94	142	5 ud.	94	142
1,6	0,77	0,82	10 ud.	20	43	6,1	1,56	1,97	10 ud.	63	101	11,2	6,84	—	5 ud.	94	142	5 ud.	94	142
1,65	0,92	0,91	10 ud.	20	43	6,2	1,56	1,97	10 ud.	63	101	11,25	—	4,56	5 ud.	94	142	5 ud.	94	142
1,7	0,92	0,83	10 ud.	20	43	6,25	—	1,37	10 ud.	63	101	11,3	6,50	—	5 ud.	94	142	5 ud.	94	142
1,75	0,92	0,54	10 ud.	22	46	6,3	1,59	1,99	10 ud.	63	101	11,4	6,50	—	5 ud.	94	142	5 ud.	94	142
1,8	0,68	0,74	10 ud.	22	46	6,4	1,69	2,13	10 ud.	63	101	11,5	5,87	4,29	5 ud.	94	142	5 ud.	94	142
1,85	0,92	0,86	10 ud.	22	46	6,5	1,59	1,18	10 ud.	63	101	11,6	8,22	—	5 ud.	94	142	5 ud.	94	142
1,9	0,69	0,74	10 ud.	22	46	6,55	—	—	10 ud.	63	101	11,7	8,22	—	5 ud.	94	142	5 ud.	94	142
1,95	0,92	0,86	10 ud.	24	49	6,6	1,74	2,20	10 ud.	63	101	11,75	—	4,56	5 ud.	94	142	5 ud.	94	142
2	0,56	0,46	10 ud.	24	49	6,7	1,79	2,27	10 ud.	63	101	11,8	7,65	—	5 ud.	94	142	5 ud.	94	142
2,05	0,87	—	10 ud.	24	49	6,75	—	1,43	10 ud.	69	109	11,9	8,22	—	5 ud.	101	151	5 ud.	101	151
2,1	0,68	0,85	10 ud.	24	49	6,8	2,09	2,64	10 ud.	69	109	12	6,56	4,78	5 ud.	101	151	5 ud.	101	151
2,15	0,87	—	10 ud.	24	49	6,9	2,09	2,64	10 ud.	69	109	12,2	8,86	—	5 ud.	101	151	5 ud.	101	151
2,2	0,69	0,86	10 ud.	27	53	7	1,90	1,43	10 ud.	69	109	12,25	—	5,95	5 ud.	101	151	5 ud.	101	151
2,25	—	0,48	10 ud.	27	53	7,1	2,13	2,69	10 ud.	69	109	12,5	7,48	5,35	5 ud.	101	151	5 ud.	101	151
2,3	0,69	0,86	10 ud.	27	53	7,2	2,22	2,79	10 ud.	69	109	12,55	—	5,67	5 ud.	101	151	5 ud.	101	151
2,4	0,72	0,78	10 ud.	30	57	7,25	—	1,81	10 ud.	69	109	12,75	10,01	—	5 ud.	101	151	5 ud.	101	151
2,5	0,72	0,52	10 ud.	30	57	7,3	2,22	2,79	10 ud.	69	109	13	8,22	5,44	5 ud.	101	151	5 ud.	101	151
2,6	0,77	0,84	10 ud.	30	57	7,4	2,30	2,90	10 ud.	69	109	13,2	10,75	—	1 ud.	101	151	1 ud.	101	151
2,7	0,77	0,84	10 ud.	33	61	7,45	2,51	—	10 ud.	69	109	13,25	—	7,92	1 ud.	108	160	1 ud.	108	160
2,75	—	0,57	10 ud.	33	61	7,5	2,09	1,50	10 ud.	69	109	13,5	9,60	7,13	1 ud.	108	160	1 ud.	108	160
2,8	0,77	0,95	10 ud.	33	61	7,6	2,45	3,06	10 ud.	75	117	13,6	13,86	—	1 ud.	108	160	1 ud.	108	160
2,9	0,77	0,95	10 ud.	33	61	7,7	2,45	3,06	10 ud.	75	117	14	10,58	7,64	1 ud.	108	160	1 ud.	108	160
3	0,61	0,45	10 ud.	33	61	7,75	—	1,97	10 ud.	75	117	14,25	—	8,97	1 ud.	114	169	1 ud.	114	169
3,1	0,81	1,02	10 ud.	36	65	7,8	2,47	3,09	10 ud.	75	117	14,5	11,27	8,22	1 ud.	114	169	1 ud.	114	169
3,2	0,81	1,02	10 ud.	36	65	7,9	2,51	3,12	10 ud.	75	117	14,75	14,09	8,97	1 ud.	114	169	1 ud.	114	169
3,25	0,95	0,53	10 ud.	36	65	8	2,09	1,73	10 ud.	75	117	15	12,13	8,32	1 ud.	114	169	1 ud.	114	169
3,3	0,95	0,53	10 ud.	36	65	8,1	2,59	3,33	10 ud.	75	117	15,25	15,47	12,21	1 ud.	120	178	1 ud.	120	178

Figura A. 19. Broques

ANNEX C. Procés de mecanització

C.1 Peça 1

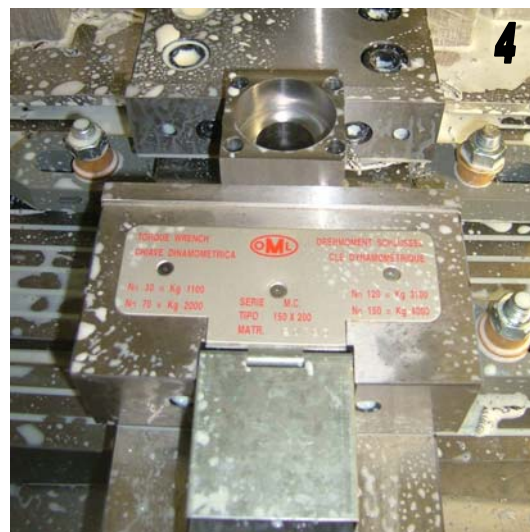
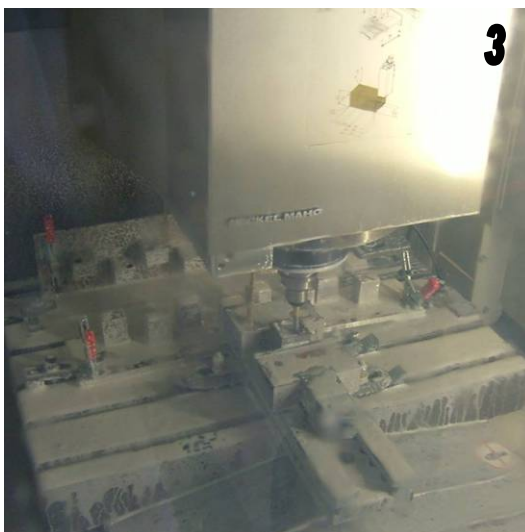
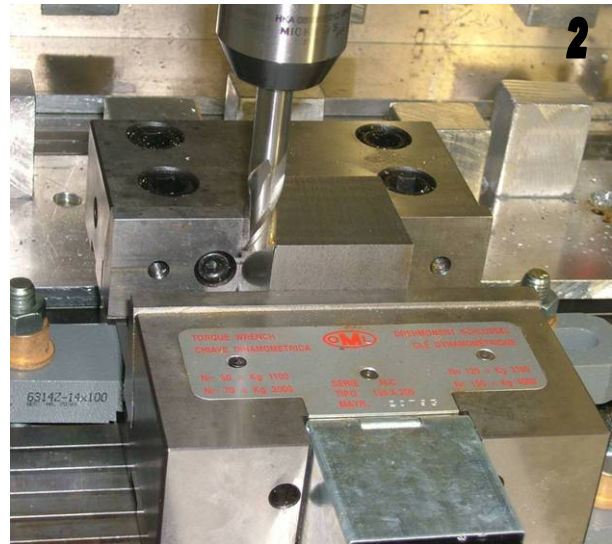
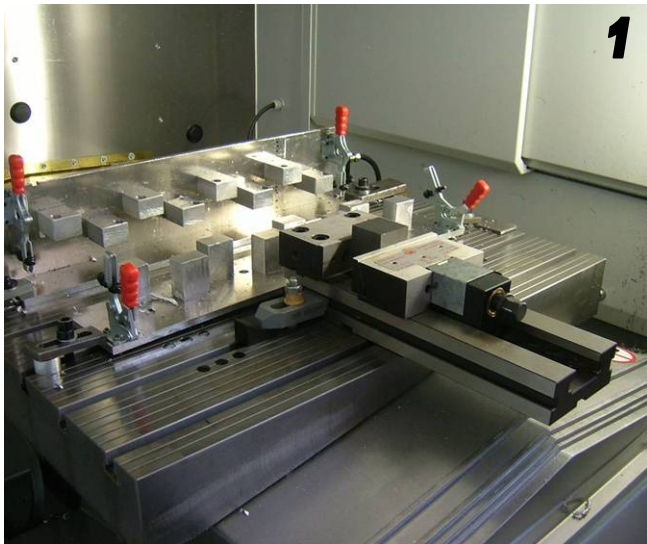


Figura A. 20. Procés de fabricació de la peça 1.

- 1. Estacar la peça:** S'ha de col·locar la peça a la mordassa. És molt important cargolar fort la fixació perquè la peça no es mogui durant la mecanització.
- 2. Posicionament del "zero peça":** El control de la màquina ha de saber on està situada la peça per poder fer els desplaçaments relatius de forma correcta, sinó el programa s'executarà en un lloc equivocat i no s'obtindrà la peça correcta, a part de poder tenir problemes molt greus com col·lisions del capçal amb la peça o amb la pròpia taula.
- 3. Execució del programa de control numèric:** Durant tot el procés la màquina es mou de forma totalment automàtica, però cal controlar que no sorgeixi cap problema, com poden ser col·lisions de l'eina amb la peça, trencament d'una eina...
- 4. Finalització del programa:** Un cop el programa ha finalitzat s'ha de treure la peça, descargolant la mordassa. En aquest cas la viruta l'elimina la pròpia màquina de forma automàtica, amb l'ajuda de la taladrina (líquid que s'injecta a pressió per refrigerar i lubricar el mecanitzat).
- 5. Peça acabada:** En l'últim pas s'han d'eliminar les possibles rebaves, netejar la peça i comprovar que les mides obtingudes s'ajusten a les dels plànols.

C.2 Peça 2

Els passos seguits són iguals als de la peça 1, per això només es presenta la seqüència d'imatges del procés de fabricació de la peça 2 (*Figura A. 21*).



Figura A. 21. Procés de fabricació de la peça 2.

C.3 Peça 3

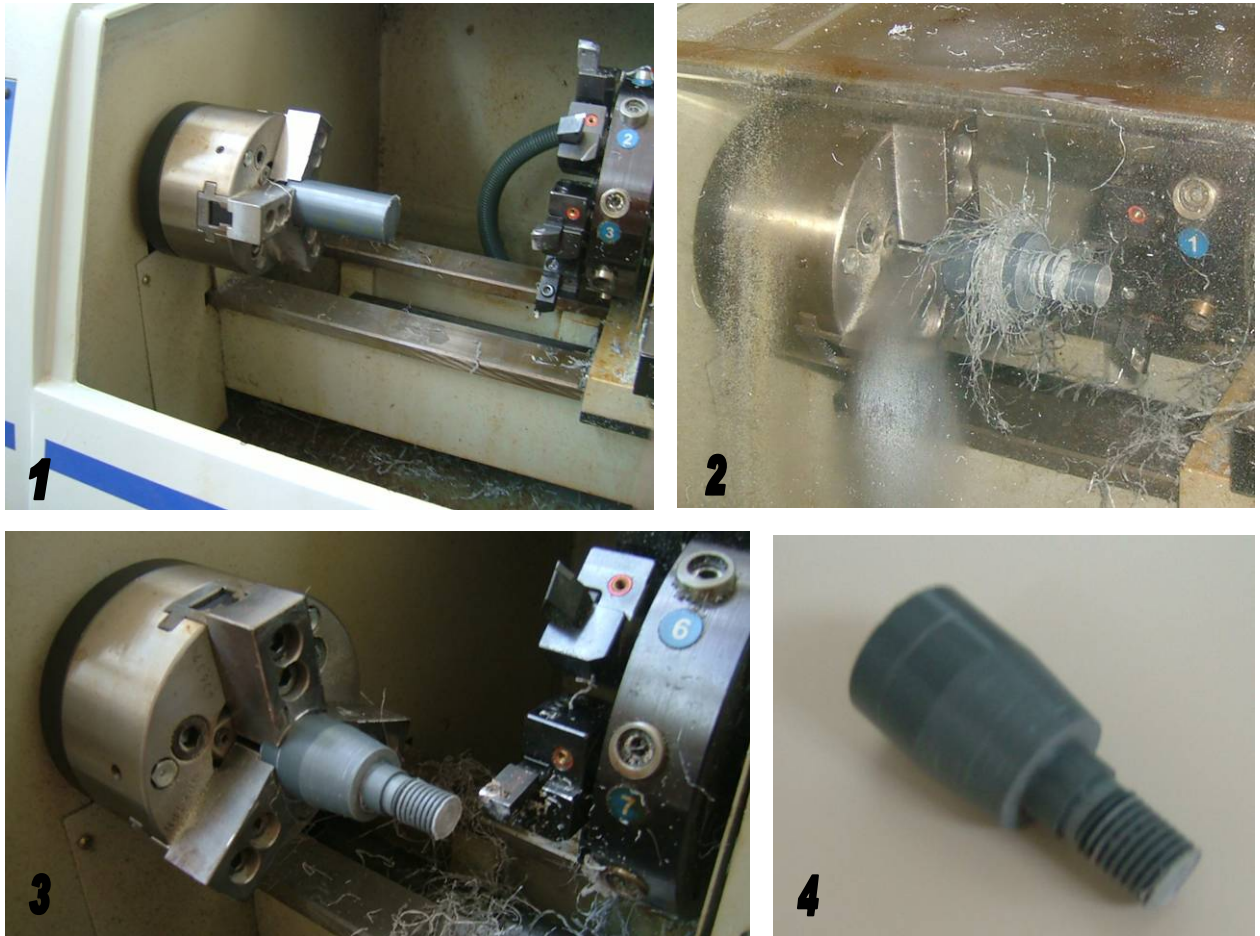


Figura A. 22. Procés de fabricació de la peça 3.

1. Estacar la peça: S'ha de col·locar la peça dintre l'espai de les grapes i es prem el botó que acciona el circuit pneumàtic que farà tancar les 3 grapes. Un cop estacada, és essencial fer que la peça giri per comprovar que ha quedat concèntrica amb l'eix de gir del capçal, del contrari el mecanitzat generaria una geometria incorrecta.

2. Execució del programa de control numèric: Durant tot el procés la màquina es mou de forma totalment automàtica, però cal controlar que no sorgeixi cap problema, com poden ser col·lisions de l'eina amb la peça, trencament d'una eina...

3. Finalització del programa: Un cop el programa ha finalitzat s'ha de treure la peça del torn i netejar la viruta que s'ha arrencat durant el mecanitzat.

- 4. Peça acabada:** L'últim pas es tracta d'eliminar les possibles rebaves, netejar la peça i comprovar que les mides obtingudes s'ajusten a les dels plànols.

ANNEX D. Plànols

ANNEX E. Utilització del PAPOM

E.1 Creació d'eines

Taller > Eines > Alta

Les tipologies d'eines diferenciades al PAPOM es classifiquen en (Figura A. 23a

Programa Assistir a la Planificació del procés i la producció en Operacions de Mecanitzat

Fitxer Taller Fills de ruta Peces Vendes Planificació Configuració

Crear una nova eina

Tipus d'eina: ☒ Fresa ☐ Broca ☐ Tornejador ☐ Escariador ☐ Avellanador ☐ Roscador

Característiques generals

Codi:

Fabricant:

Descripció:

Vc (m/min): *

Velocitat avanç (mm/dent): *

Cost (€):

Duresa [Hb] (Kg/mm²):

Pot emprar refrigerant? ☐ Si

Longitud Total (mm): *

Temps de muntatge (seg):

Temps de desmuntatge (seg):

Materials

Selecciona els materials en que podem utilitzar l'eina:

- ☐ Bronze
- ☐ Coure
- ☐ Graphit&GFK
- ☐ K (GG(G))
- ☐ LLautó
- ☐ M (Inox)
- ☐ N (Alumini)
- ☐ P (Acer)
- ☐ Polietilè

Característiques específiques fresa

Diàmetre (mm): *

Alçada del Tall (mm):

Angle de la plaqueta (graus):

L'eina estar formada per: ☐ HSS ☐ Plaqueta

Nombre de dents: *

Nombre de talls per cara:

Cost d'afilar (€):

Passada: ☒ Recte ☐ Helicoïdal

Característiques específiques freses tangencials

Amplada de l'eina (mm):

Angle de l'espiral (grau):

Nombre de fils:

Característiques específiques altres freses

Angle de la cua de mosca [encaixos] (graus):

Diàmetre de shank [T-slot] (mm):

Paràmetre vida útil de l'eina

a11: k11:

p11: n11:

Guardar i entrar una eina nova Cancel·lar

Guardar i entra una eina similar

* Camps obligatoris (Si s'entra dins aquests camps el valor no pot quedar a zero)

Figura A. 23. **Formulari d'entrada de freses.**

Programa Assistir a la Planificació del procés i la producció en Operacions de Mecanitzat

Fitxer Taller Fulls de ruta Peces Vendes Planificació Configuració

Crear una nova eina

Tipus d'eina: ☐ Fresa ☒ Broca ☐ Tornejador ☐ Escariador ☐ Avellanador ☐ Roscador

Característiques generals

Codi:

Fabricant:

Descripció:

Vc (m/min): *

Velocitat avanç (mm/dent): *

Cost (€):

Duresa [Hb] (Kg/mm²):

Pot emprar refrigerant? ☐ Si

Longitud Total (mm): *

Temps de muntatge (seg):

Temps de desmuntatge (seg):

Materials

Selecciona els materials en que podem utilitzar l'eina:

- ☐ Bronze
- ☐ Coure
- ☐ Graphit&GFK
- ☐ K (GG(G))
- ☐ LLautó
- ☐ M (Inox)
- ☐ N (Alumini)
- ☐ P (Acer)
- ☐ Polietilè

Característiques específiques broca

Diàmetre (mm): *

Alçada del Tall (mm):

Nombre de fils:

Angle del espiral (graus):

Angle del punt (graus):

Diàmetre Shank:

Característiques de broques "Bore"

L'eina estar formada per: ☐ HSS ☐ Plaqueta

Nombre de talls per cara:

Cost d'afilar (€):

Característiques de broques "Countersink"

Angle countersink (graus):

Paràmetre vida útil de l'eina

a11 k11

p11 n11

Guardar i entrar una eina nova Cancel·lar

Guardar i entra una eina similar

* Camps obligatoris (Si s'entra dins aquests camps el valor no pot quedar a zero)

Figura A. 24. Formulari d'entrada de broques.

Programa Assistir a la Planificació del procés i la producció en Operacions de Mecanitzat

Fitxer Taller Fulls de ruta Peces Vendes Planificació Configuració

Crear una nova eina

Tipus d'eina: ☐ Fresa ☐ Broca ☒ Tornejador ☐ Escariador ☐ Avellanador ☐ Roscador

Característiques generals

Codi:

Fabricant:

Descripció:

Vc (m/min): *

Velocitat avanç (mm/dent): *

Cost (€):

Duresa [Hb] (Kg/mm²):

Pot emprar refrigerant? ☐ Si

Longitud Total (mm): *

Temps de muntatge (seg):

Temps de desmuntatge (seg):

Materials

Selecciona els materials en que podem utilitzar l'eina:

- ☐ Bronze
- ☐ Coure
- ☐ Graphit&GFK
- ☐ K (GG(G))
- ☐ LLautó
- ☐ M (Inox)
- ☐ N (Alumini)
- ☐ P (Acer)
- ☐ Polietilè

Característiques específiques del tornejadore

Tipus de mecanitzat: ☐ Exterior ☐ Interior

Angle de punta:

Angle d'atac:

Angle de talonatge:

Longitud aresta de tall: *

Direcció de l'eina: ☐ Esquerra ☐ Dreta

Tipus de plaqueta:

L'eina estar formada per: ☐ HSS ☐ Plaqueta

Tipus d'acabat:

Profunditat de passada: *

Reversibilitat: ☐ Si

Cost d'afilar (€):

Paràmetre vida útil de l'eina

a11 k11

p11 n11

Guardar i entrar una eina nova Cancel·lar

Guardar i entra una eina similar

* Camps obligatoris (Si s'entra dins aquests camps el valor no pot quedar a zero)

Figura A. 25. Formulari d'entrada d'eines de torn.

Programa Assistir a la Planificació del procés i la producció en Operacions de Mecanitzat
 Fitxer Taller Fuls de ruta Peces Vendes Planificació Configuració

Crear una nova eina

Tipus d'eina
☐ Fresa ☐ Broca ☐ Tornejador ☒ Escariador ☐ Avellanador ☐ Roscador

Característiques generals

Codi:
 Fabricant:
 Descripció:
 Vc (m/min): *
 Velocitat avanç (mm/dent): *
 Cost (€):
 Duresa [Hb] (Kg/mm²):
 Pot emprar refrigerant? ☐ Si
 Longitud Total (mm): *
 Temps de muntatge (seg):
 Temps de desmuntatge (seg):

Característiques específiques Escariador

Diàmetre (mm): *
 Num de fils de tall: *
 Longitud del tall: *

Materials

Selecciona els materials en que podem utilitzar l'eina:

- ☐ Bronze
- ☐ Coure
- ☐ Graphit&GFK
- ☐ K (GG(G))
- ☐ LLautó
- ☐ M (Inox)
- ☐ N (Alumini)
- ☐ P (Acer)
- ☐ Polietilè

Paràmetre vida útil de l'eina

a11: k11:
 p11: n11:

Guardar i entrar una eina nova Cancel·lar

Guardar i entra una eina similar

* Camps obligatoris (Si s'entra dins aquests camps el valor no pot quedar a zero)

Figura A. 26. Formulari d'entrada d'escariadors.

Programa Assistir a la Planificació del procés i la producció en Operacions de Mecanitzat
 Fitxer Taller Fuls de ruta Peces Vendes Planificació Configuració

Crear una nova eina

Tipus d'eina
☐ Fresa ☐ Broca ☐ Tornejador ☐ Escariador ☒ Avellanador ☐ Roscador

Característiques generals

Codi:
 Fabricant:
 Descripció:
 Vc (m/min): *
 Velocitat avanç (mm/dent): *
 Cost (€):
 Duresa [Hb] (Kg/mm²):
 Pot emprar refrigerant? ☐ Si
 Longitud Total (mm): *
 Temps de muntatge (seg):
 Temps de desmuntatge (seg):

Característiques d'avellanadors plans

Diàmetre de guia (mm):
 Diàmetre de cabota (mm):
 Rosques mètriques M:

Característiques d'avellanadors cònic

Diàmetre (mm):
 Angle:
 Numero de fils:

Materials

Selecciona els materials en que podem utilitzar l'eina:

- ☐ Bronze
- ☐ Coure
- ☐ Graphit&GFK
- ☐ K (GG(G))
- ☐ LLautó
- ☐ M (Inox)
- ☐ N (Alumini)
- ☐ P (Acer)
- ☐ Polietilè

Paràmetre vida útil de l'eina

a11: k11:
 p11: n11:

Guardar i entrar una eina nova Cancel·lar

Guardar i entra una eina similar

* Camps obligatoris (Si s'entra dins aquests camps el valor no pot quedar a zero)

Figura A. 27. Formulari d'entrada d'avellanadors.

Programa Assistir a la Planificació del procés i la producció en Operacions de Mecanitzat
 Fitxer Taller Fulls de ruta Peces Vendes Planificació Configuració

Crear una nova eina

Tipus d'eina:
☐ Fresa ☐ Broca ☐ Tornejador ☐ Escariador ☐ Avellanador ☒ Roscador

Característiques generals:

Codi:
 Fabricant:
 Descripció:
 Vc (m/min): *
 Velocitat avanç (mm/dent): *
 Cost (€):
 Duresa [Hb] (Kg/mm²):
 Pot emprar refrigerant? ☐ Si
 Longitud Total (mm): *
 Temps de muntatge (seg):
 Temps de desmuntatge (seg):

Característiques específiques roscador:

Diàmetre (mm): *
 Pas: *
 Longitud tall (mm): *
 Angle de hèlix: *

Materials:

Selecciona els materials en que podem utilitzar l'eina:

- ☐ Bronze
- ☐ Coure
- ☐ Graphit&GFK
- ☐ K (GG(G))
- ☐ LLautó
- ☐ M (Inox)
- ☐ N (Alumini)
- ☐ P (Acer)
- ☐ Polietilè

Paràmetre vida útil de l'eina:

a11 k11
 p11 n11

Guardar i entrar una eina nova Cancel·lar

Guardar i entra una eina similar

* Camps obligatoris (Si s'entra dins aquests camps el valor no pot quedar a zero)

Figura A. 28. **Formulari d'entrada de roscadors.**

E.2 Creació de màquines

Taller > Màquines > Alta

El formulari per entrar les dades de les màquines és comú per totes elles (Figura A. 29). La única diferència està entre les màquines prismàtiques (tipus fresa) i les còniques (tipus torn). Per això s'ha de triar una de les dues opcions a l'hora d'omplir les distàncies de treball.

Programa Assistir a la Planificació del procés i la producció en Operacions de Mecanitzat
 Fitxer Taller Fulls de ruta Peces Vendes Planificació Configuració

Alta Màquina

Descripció:

Àrea de treball

☐ Màquines prismàtiques

Volum peça màxima (mm):
 X 0 Y 0 Z 0

Volum màxim de mecanització (mm):
 X 0 Y 0 Z 0

☐ Màquines còniques

diàmetre màxim: 0,000

Distància entre els punt: 0,000

Característiques

Precisió 0

Velocitat de tall

☐ Control Numèric (R.P.M.) ☐ Marxes (R.P.M.)

Altres Dades

Cost (€) 0

Amortització (anys) 0

Centre de màquines

Velocitats d'avanç

☐ Control Numèric ☐ Marxes

Figura A. 29. **Formulari d'entrada de màquines.**

E.3 Creació dels fulls de ruta

Per donar una idea generalitzada del funcionament del PAPOM, s'explicarà la seqüència d'introducció de les dades per la peça 2.

1. Donar d'alta la peça (*Figura A. 30*). S'entren els paràmetres de geometria de la peça de tipus prismàtica (En el cas de la peça 3 s'haurien d'omplir les dades de "Dimensions peça revolució"). La resta de camps no cal omplir-los perquè el PAPOM no els té en compte de moment.

Peces > Gestió > Alta

Programa Assistir a la Planificació del procés i la producció en Operacions de Mecanitzat

Fitxer Taller Fulls de ruta Peces Vendes Planificació Configuració

Veure i modificar Fulls de Ruta

Veure i modificar una peça

Característiques Generals

Codi Plànol: 2

Nom de la peça: Peça 2

Cerca

Dimensions peça prismàtica (mm)

X: 80 Y: 50 Z: 50

Dimensions peça revolució (mm)

Diàmetre màxim: 0

Longitud Màxima: 0

Unitats: 1

Mode de planificació: Producte planificat

Cost estàndard de la peça (€): 10,00

Preu de venda al públic (€): 12,00

Material: P (Acer)

Característiques del estoc

Mida del lot (unitats): 1

Rebuig (%): 0,00

Lliurament (dies): 1

Estoc Màxim (Unitats): 0

Estoc de seguretat (Unitats): 0

Quantitat (Unitats):

Mínima: 0

Normal: 0

Màxima: 0

Punt de Comanda (Unitats): 0

Període de revisió (dies): 0

Guardar Cancel·lar

Figura A. 30. Introducció de les dades generals de la peça.

2. Crear el full de ruta (Figura A. 31). S'obre el formulari d'entrada de dades pel full de ruta. Llavors caldrà cercar la peça que s'ha creat abans a la base de dades.

Fulls de ruta > Generar full de ruta > Cercar peça

Figura A. 31. **Creació del full de ruta.**

3. Calcular el brut de partida: Un cop el programa ja sap sobre quina peça s'està treballant, es necessita calcular les mides inicials perquè el programa pugui proposar un brut de partida que existeixi al mercat, segons el que hi hagi entrat a la base de dades.

Per això es necessita introduir el tipologia de peça (Figura A. 32) i posteriorment entrar algunes de les mides finals representatives per la geometria escollida (Figura A. 33)

Fulls de ruta > Generar full de ruta > Càlcul del brut

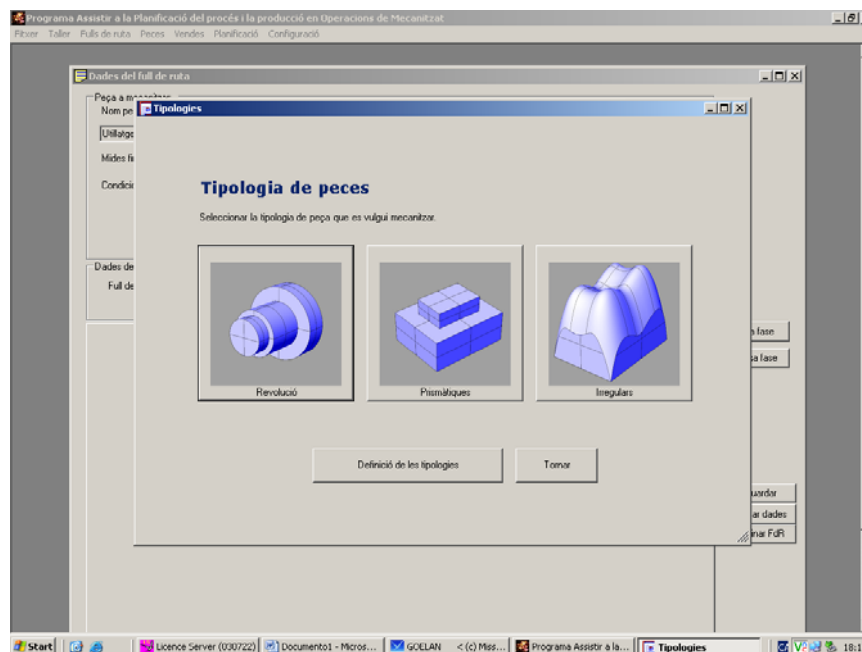


Figura A. 32. Selecció del tipus de geometria.

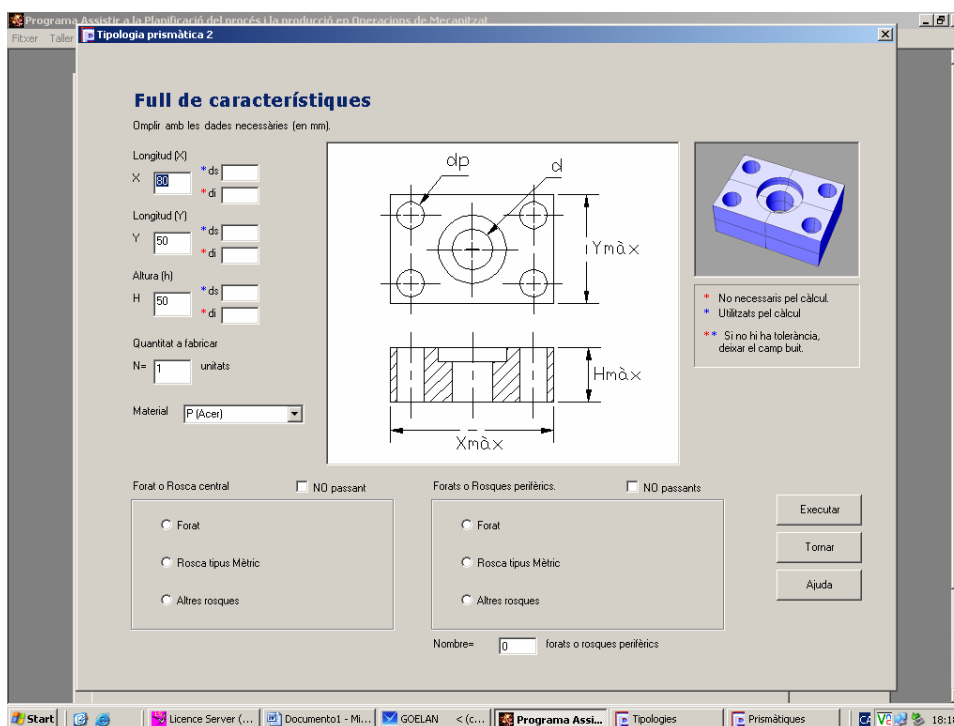


Figura A. 33. Càlcul del brut de partida.

3. **Selecció el brut de partida:** Es necessita decidir una de les opcions de brut de partida ofertes pel programa (Figura A. 34).

Seleccionar opció > Exportar

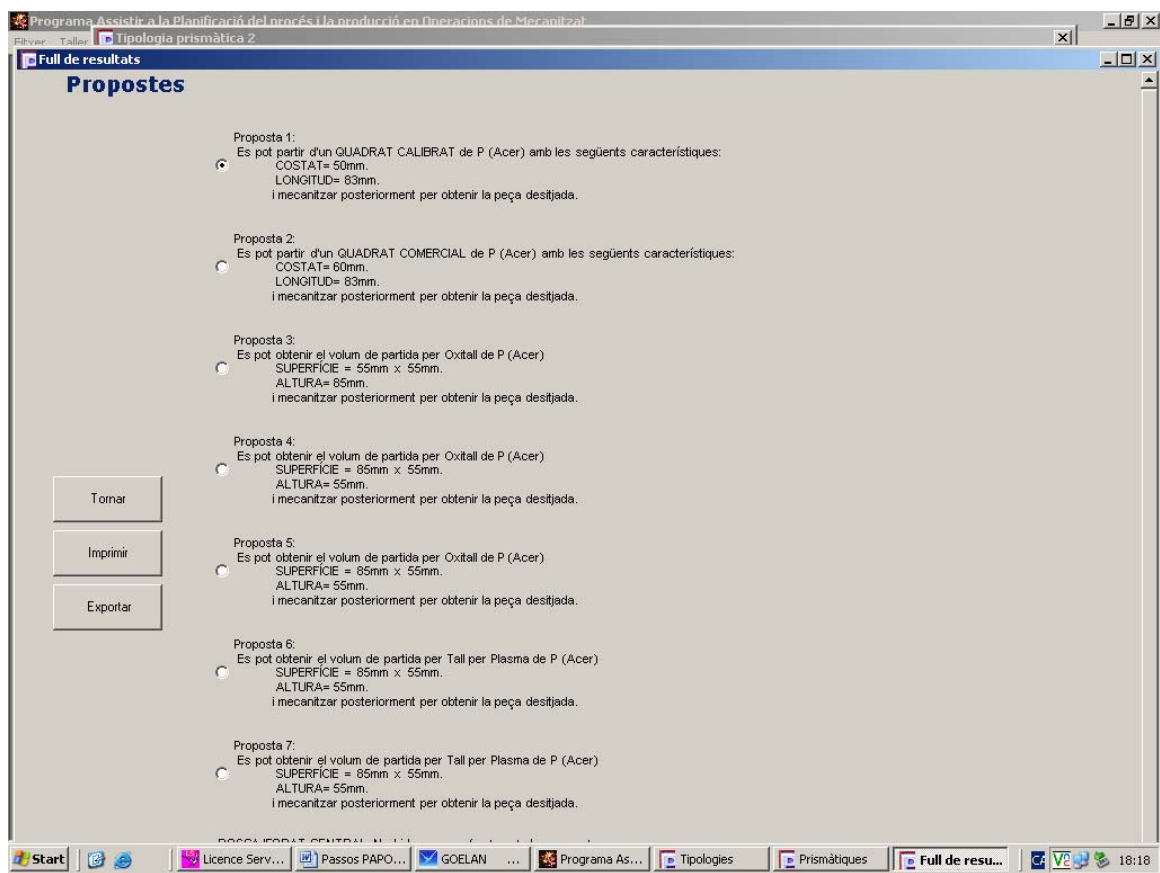


Figura A. 34. Càlcul del brut de partida.

4. Creació de fases i subfases: Aquí és on es crearan totes les fases i subfases del full de ruta (Figura A. 35). Les operacions es donaran d'alta dintre de la subfase corresponent.

Fase: Alta fase > Descripció > Tipus de centre de màquines

Subfase: Alta Subfase

Operació: Alta Tasca

Figura A. 35. Creació de fases i subfases

4. Creació de les operacions: Aquesta pantalla s'haurà d'omplir per cadascuna de les operacions que s'hagin de donar d'alta (Figura A. 36).

Escollir operació > Descripció de la operació > Eina > Calcular resultats

Programa Assistir a la Planificació del procés i la producció en Operacions de Mecanitzat

Fitxer Taller Fulls de ruta Peces Vendes Planificació Configuració

Introduir una tasca

Full de ruta:

Nom peça: Codi Plànol: Mides finals de la peça: 80 x 50 x 50

Utilitatge suport: Fase: Subfase:

FdR / Order: 77/1 Centre de treball: Centre Freses CNC

Nom operació: Trepatge amb fresa

Descripció: 2 forats de D:10.5mm

Maquina:

Utilitatge:

Eina: BROCA HELICOIDAL RECTIFICADA D=10.5

Resultats d'aplicar aquesta tasca

Calcular Resultats Comparar eines

Vc (m/min)	N (rpm)	- Longitud (mm)	- N° pas long.	P0 (€/min)	avanç mm/rev	passada (mm)	num pas	Improductiu	Tall	Preparació	Canvi d'eina	Temps (min)	Cost (€)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					Primeres passades	0	0	0					
					Avantpenúltima passada	0	0	0					
					Penúltima passada	0	0	0					
					Passada d'acabat	0	0	0					

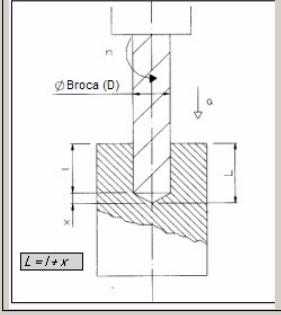
Guardar i introduir una nova tasca Guardar i tornar a les subfases Cancel·lar

Figura A. 36. Creació d'operacions

5. Càlcul de les operacions: En aquest pas és quan s'entren els paràmetres de les operacions, com les condicions de tall, temps de preparació, preus unitaris,.... (Figura A. 37)

Entrar dades > Calcular > Enviar dades a les operacions

TREPATGE



Descripció brut
Es pot partir d'un QUADRAT CALIBRAT de P (Acer) amb les següents característiques:
COSTAT= 50mm.

Descripció mides finals
80 x 50 x 50

Descripció operació
2 forats passants D:10,5mm

Paràmetre vida útil broca

a11	-0,3973	k11	78,77
p11	-0,22	n11	0,51

DADES DE LA BROCA	
Diàmetre broca (mm)	10
Arestes de tall broca	2
Cost adquisició (€)	11,4
Cost afilat (€)	0,0001
Temps canvi eina (min)	4

DADES DE LA OPERACIÓ			
Profunditat del forat [l] (mm)	50	Nombre de revolucions [n] (rpm)	954,9274
Velocitat de tall [Vc] (m/min)	30	Passada (mm)	5
Avanç (mm/rev)	0,1	Temps preparació trepatge (min)	0,001
Velocitat retroces (m/min)	250	Taxa horària [PO] (€/h)	12
Nombre de forats amb les mateixes característiques:			2

TEMPS I COSTS		
	Temps (min)	Cost (€)
Preparació	0,001	0,0002
Tall	0,9759638	0,1951928
Improductiu	0,0007455797	0,0001491159
Canvi d'eina	0,1958629	0,01958874
Total	1,1735722797	0,2151306559

Calcular sense optimitzar

Manual Usuari

ENVIAR DADES A OPERACIONS

TORNAR ENRERE

Figura A. 37. Càlcul d'operacions

6. Validació de les operacions: Quan s'exporten els resultats calculats cal validar-los per enviar-los al full de ruta (Figura A. 38).

Guardar i introduir una nova tasca ó
Guardar i tornar a les subfases

Programa Dades del full de ruta

Peça a mecanitzar:

Modificar les dades d'una tasca

Full de ruta:

Nom peça: Codi Planol: Mides finals de la peça: 80 x 50 x 50

FdR / Ordre: Fase: Subfase:

Centre de treball:

Nom operació:

Descripció:

Màquina:

Utilatge:

Eina:

Resultats d'aplicar aquesta tasca

Calcular Resultats Comparar eines

Vc (m/min)	N (rpm)	Longitud (mm)	Nº pas long.	P0 (E/min)	avanc mm/rev	passada (mm)	num pas	Temps (min)	Cost (€)
30,00	955	0	0	0	0	0	0	0,0005	0
					0	0	0	0,6618	0,13
					0	0	0	3,0000	0,60
					0,1000	5,0000	1	0,1328	0,01

Guardar i introduir una nova tasca Guardar i tornar a les subfases Cancel·lar

Figura A. 38. Validació dels temps de les operacions

Els passos 4, 5 i 6 cal repetir-los per cada operació que es realitzi a la peça.

7. *Guardar el full de ruta*: Quan s'han entrat totes les dades el full de ruta està acabat, i només caldrà guardar-lo a la base de dades (Figura A. 39).

Guardar

Programa Dades del full de ruta

Peça a mecanitzar:

Nom peça: Codi Plànol:

Mides finals de la peça: 80 x 50 x 50

Es pot partir d'un QUADRAT CALIBRAT de P (Acer) amb les següents característiques:
 COSTAT= 50mm.
 LONGITUD= 83mm.
 i mecanitzar posteriorment per obtenir la peça destijada.

Dades del Full de ruta

Full de Ruta número: Data revisió: Lot Optim

☐ Full de ruta estàndard (si ja esta assignat el canviareu)

Fase1

1

Temps preparació min Cost preparació €
 Temps cicle min Cost cicle €
 Temps improductiu min Cost Improductiu €

1.1

Codi Control Numéric

Planejat cara superior 10mm	<input type="button" value="Veure dades"/>
Ranura de 16mm i L:80mm	<input type="button" value="Veure dades"/>
2 forats de D:10.5mm	<input type="button" value="Veure dades"/>
2 forats passants D:10.5mm	<input type="button" value="Veure dades"/>
Avellanat 2 forats	<input type="button" value="Veure dades"/>
Roscatge de 2 forats M12 prof:20mm	<input type="button" value="Veure dades"/>

Figura A. 39. Validació del full de ruta.

ANNEX F. Estudi econòmic

PARTIDA	DESCRIPCIÓ	QUANTITAT	PREU/U	SUBTOTAL
1	Amortització del maquinari	5 mesos	125 €/mes	625 €
2	Amortització del programari (Microsoft Visual Basic.Net)	3 mesos	100 €/mes	300 €
3	Amortització del programari (GOelan)	1,5 mesos	150 €/mes	225 €
4	Cerca d'informació	25 h	18 €/h	450 €
5	Aprenentatge d'ús del programari Maple	3 h	0 €/h	0 €
6	Aprenentatge d'ús del programari Microsoft Visual Basic.NET	5 h	0 €/h	0 €
7	Aprenentatge d'ús del programari PAPOM	25 h	0 €/h	0 €
8	Ús del programa Microsoft Visual Basic.NET	35 h	35 €/h	1225 €
9	Ús del programa Maple	3 h	30 €/h	90 €
10	Avaluació del PAPOM, disseny de les millores	110 h	25 €/h	2750
11	Reunions amb el servei informàtic	20 h	45 €/h	900
12	Ús de les màquines eines del taller	45 h	25 €/h	1125 €
13	Redacció del projecte	52 h	25 €/h	1300 €
			Subtotal	8990 €
			13% Despeses	1168,7 €
			6% Benefici	539,4 €
			Subtotal	10698,1 €
			16% IVA	1711,7 €
			TOTAL	12409,8 €

AGRAIMENTS

Al Dr. Quim de Ciurana per la tutorització d'aquest treball.

A la Dra. M^a Luisa Garcia-Romeu per la col·laboració aportada a aquest treball.

Al Sr. Robert Blanch per la col·laboració aportada a aquest treball.

A la Dra. Inés Ferrer per la col·laboració aportada a aquest treball.